ALEXANDER VON HUMBOLDT.

DRITTER BAND.



Alexander von Humboldt
im 81. Lebensjahre
1850

Druck und Verlag von F.A. Brockhaus in Leipzig



ALEXANDER VON HUMBOLDT.

EINE WISSENSCHAFTLICHE BIOGRAPHIE

IM VEREIN MIT

R. AVÉ-LALLEMANT, J. V. CARUS, A. DOVE, H. W. DOVE, J. W. EWALD, A. H. R. GRISEBACH, J. LÖWENBERG, O. PESCHEL, G. H. WIEDEMANN, W. WUNDT

BEARBEITET UND HERAUSGEGEBEN

VON

KARL BRUHNS,

PROFESSOR UND DIRECTOR DER STERNWARTE IN LEIPZIG.

IN DREI BÄNDEN.

DRITTER BAND.

MIT EINEM PORTRÄT HUMBOLDT'S IM 81. LEBENSJAHRE.

LEIPZIG:
F. A. BROCKHAUS.
1872.

Inhalt des dritten Bandes.

VI.

Alexander von Humboldt's Wirksamkeit auf verschiedenen Gebieten der Wissenschaft.

VI.

Alexander von Humboldt's

Wirksamkeit

auf verschiedenen Gebieten der Wissenschaft.

Von

Karl Bruhns, Gustav Wiedemann, H. W. Dove, Julius Ewald, Oskar Peschel, August Grisebach, J. V. Carus, Wilhelm Wundt.

1.

Mathematik, Astronomie und mathematische Geographie.

Von

Karl Bruhns.

A. Mathematik.

Nie in seinem Leben hat Humboldt den Anspruch gemacht, unter die Mathematiker gerechnet zu werden, nie hat er im Gebiete der Mathematik sich seinen grossen Zeitgenossen Gauss, Jacobi, Dirichlet, Lagrange, Laplace, Fourier u. a. an die Seite stellen wollen; im Gegentheil, es hat wol kaum jemand diesen Männern mehr Bewunderung gezollt als gerade er.

Humboldt's ganze Richtung ging weniger auf das Schaffen in den exacten Wissenschaften, als auf das Sammeln. Auch wandte er sich mit besonderer Liebe den historischen Arbeiten im Gebiete der Naturwissenschaften zu, wobei ihm seine grosse Belesenheit und sein eminentes Gedächtniss sehr zu Hülfe kamen. Er erlernte indessen von der Mathematik so viel, als er für seine Richtung als Naturforscher nöthig hatte, und kam dabei auf einzelne Probleme, die nicht uninteressant sind und in der Geschichte der Mathematik eine besondere Erwähnung verdienen.

Humboldt's Lehrer in der Mathematik war der Professor Fischer am Gymnasium zum Grauen Kloster, der seinem

Schüler das schöne Zeugniss ausstellte, dass derselbe, wenn er sich mit Mathematik allein oder doch hauptsächlich hätte beschäftigen können, ein sehr guter Mathematiker geworden wäre.

Als Humboldt die Universität Göttingen bezog, besass er nach desselben Fischer Aussage so viel mathematische Kenntnisse, um sich überall im Praktischen zurechtzufinden. Einmal jedoch wollte er etwas weiter gehen. Im Jahre 1789 schreibt er an Pfaff[1]: er sei in einem Theile der Mathematik auf eine Entdeckung ausgegangen; bei seinen kleinen analytischen Arbeiten habe er sehr lebhaft die Unbequemlichkeit empfunden, in Gleichungen, wo Summen und Differenzen vorkommen, nicht direct den ganzen Werth durch Logarithmen darstellen zu können; indem er nun über die Möglichkeit nachgedacht, dem Uebel abzuhelfen, habe er zwei Wege gefunden, nämlich: entweder alle Summen und Differenzen zweier Grössen in Producte zu verwandeln, oder eine Art Logarithmen zu finden, mit denen man wirklich addiren und subtrahiren könnte. Er deutet hierauf beide Methoden an und bittet um Erlaubniss, sein Logarithmensystem ausführlich darlegen zu dürfen.

In den nachgelassenen Papieren Humboldt's finden sich diese Methoden nicht, sie sind aber in dem Briefe an Pfaff klar genug entwickelt, dass man aus der betreffende Stelle ersehen kann, was er damit wollte. Die Stelle lautet: „Die erste Methode gibt zwar eine Regel, durch die man alle Zeichen + und — wegschaffen kann, die aber zum Calcul völlig untauglich ist. Wenn $a + n = D$, so muss es in jedem Falle eine Grösse X geben, die mit a multiplicirt $= D$, demnach ist $aX = a + n$ und $X = 1 + \frac{n}{a}$. Sind drei Glieder vorhanden, so summirt man erst zwei willkürlich gewählte, und dann das neue Product mit dem dritten. Wenn $a + n + m$, $a + n = aX$, so summire

[1] Sammlung von Briefen, gewechselt zwischen *Johann Friedrich Pfaff* u. s. w. (Leipzig 1853), S. 233.

$aX + m = my$. Soll das my aber in wirklichen Zahlen ausgedrückt werden, so berechne erst $X = 1 + \frac{n}{a}$ und dann $y = 1 + aX\frac{1}{m}$. Demnach wird die Formel $ag + b - nb^2 = a^3 + r$, um sie in Briggischen Logarithmen auszudrücken, erst so transformirt: $ag + b = agX$, ferner $agX - nb^2 = nb^2y$ und $a^3 + r = a^3z$. Nun heisst die vorige Formel $nb^2y = a^3z$, und in Logarithmen dargestellt $lg\,n + 2\,lg\,b + lg\,y = 3\,lg\,a + lg\,z$ Um diese Formel wirklich zu berechnen, muss man erst die Werthe von y und z darstellen, und auch dies geschieht ohne eine andere Summirung als die mit der Einheit vorzunehmende. Denn $X = 1 + \frac{b}{ag}$, $y = -1 + \frac{ag}{nb^2}X$ und $z = 1 + \frac{r}{a^3}$. Wie unanwendbar und mangelhaft übrigens diese Methode ist, fällt von selbst in die Augen. Es blieb also noch der zweite Ausweg übrig, eine neue Art von Logarithmen zu finden. Dass diese nicht in geometrischen Reihen zu suchen war, gab mir die Natur dieser Reihen leicht einzusehen. Wenn $N^{la} = a$ und $N^{lb} = b$, so ist $a \mp b = N^{la} \mp N^{lb}$ eine Formel, die sich nicht wirklich summiren und subtrahiren lässt. Die grosse Aehnlichkeit, die ich zwischen allen Formeln für arithmetische und geometrische Progressionen fand, bei Findung des ersten und letzten Gliedes, der Differenz, des Exponenten, der Zahl der Glieder u.s.w., das Auffallende, dass in jenen Formeln sich immer Addition und Multiplication, Subtraction und Division respondiren, brachte mich auf die Idee, es möchte sich bei den arithmetischen Progressionen doch auch etwas aufspüren lassen, was den Logarithmen oder dem Exponentialsystem der geometrischen Reihen gegenüberstände. Nach dieser analogischen Schlussart fing ich meine Untersuchung an und bin jetzt so weit damit gekommen, dass ich ein vollständiges System solcher logarithmenähnlichen Exponenten, aus arithmetischer Progression. entwickelt, ausgearbeitet habe. Man kann damit addiren, multipliciren, dividiren. So wie man durch die Logistik die Theorie der alten Logarithmen erläutert, so habe ich auch für die meinigen eine geometrische Construction gewagt. Da meine Grundformel ihrer

Natur nach sehr einfach und ein blosses Product jener Factoren ist, so ist die construirte Linie eine gerade Linie geworden. Demnach gibt sie die besten Aufschlüsse über das neue System, da sie alle mögliche und unmögliche Postulate sinnlich darstellt. Das beständige Vergleichen beider Systeme, besonders in den Fragen, ob die Grundzahl oder die Logarithmen positiv oder negativ, rational oder irrational, oder gebrochen u. s. w. sein können, war mir wenigstens beim Ausarbeiten sehr unterhaltend. Ich erwarte von Ihnen die Frage, ob mein System aber auch brauchbar sei, ob es Schwierigkeiten des analytischen Calculs löse. Ich antworte offenherzig, dass ich insofern das εὕρηκα noch nicht anstimmen mag. Ich glaube sogar, dass meine Logarithmen immer zu wenig kleiner wie die dazu gehörigen Zahlen bleiben werden, als dass sie in Rechnungen vortheilhaft sein sollten."

Als zu Anfang dieses Jahrhunderts der Italiener Leonelli sich mit Logarithmen für die Addition und Subtraction beschäftigte und in der Schrift: „Supplément logarithmique" (Bordeaux an XI, 1803), die Construirung einer vierzehnstelligen Tafel zu diesem Behufe vorschlug, fand dieser Vorschlag eine ungünstige Aufnahme, welche Leonelli bewog, die Veröffentlichung einer Tafel aufzugeben. Gauss bekam im Jahre 1806 eine deutsche Uebersetzung des Leonelli'schen Werkes in die Hände, und dieser ingenieuse Rechner erkannte sofort den Vortheil einer solchen, jedoch auf weniger Decimalen vollständig hinreichenden Tafel, und publicirte 1812 in *Zach's* „Monatlicher Correspondenz", Bd. XXVI, eine fünfstellige Tafel, in welcher er mit dem Argumente $lg\,\frac{a}{b} = A$ die Grössen $lg\,(1 + \frac{b}{a}) = B$ und $lg\,(1 + \frac{a}{b}) = C$ gab.

Hätte Humboldt seine e r s t e Methode weiter verfolgt, so würden daraus möglicherweise die später nach Gauss genannten Logarithmen entstanden sein; er gab sie aber, ihren Werth nicht erkennend, auf, indem er sie unanwendbar und mangelhaft nennt.

Nach der zweiten Methode zerlegt er jede Zahl in zwei Factoren, wovon der eine für alle Zahlen derselbe ist und der Grundfactor genannt wird. Die arithmetischen Operationen mit solchen Producten sind den Operationen mit gewöhnlichen Zahlen so vollständig gleich, dass durch die Zerlegung der Zahlen in Factoren, selbst mittels Tafeln, keine Erleichterung eintritt, was Humboldt, nach Rücksprache mit Pfaff, wol auch erkannt haben mag.

Nirgends findet sich später eine Wiederaufnahme dieses Problems; und wenn Humboldt auch noch während seiner amerikanischen Reise selbst numerisch viel rechnete, so übertrug er nach seiner Rückkehr sämmtliche Rechnungen Oltmanns oder andern jungen Kräften, es ward ihm daher das Bedürfniss, sich Additions- und Subtractionslogarithmen zu ersinnen, nicht wieder fühlbar. Hier sollte nur als bemerkenswerth angeführt werden, wie der zwanzigjährige Jüngling auf ein Bedürfniss im numerischen Rechnen aufmerksam wurde, ja der spätern erfolgten Lösung sich schon ziemlich nahe befand.

Dass er in seinen spätern Jahren nicht mehr der raschen Entwickelung neuer mathematischer Probleme folgen und sich in dieselbe hineinarbeiten konnte, ist erklärlich; er gesteht es in Briefen an Gauss und Jacobi oft ein. „Ich darf mir kein ernstes Urtheil über Mathematik anmassen", schreibt er am 21. Mai 1826 an Gauss. „Dass ich von einer solchen Abhandlung, «Die Theorie des Erdmagnetismus» (von *Gauss*), nur den Genuss habe einiges zu verstehen, das heisst den Gang zu errathen, wie das Ding anzugreifen ist, wissen Sie wohl. Es ist keine Schande, dass ich nicht mehr weiss. Wie die Greise den Kindern ähnlich sind, falle ich auf die Bilder zuerst, und verstehen will ich heute schon bei meinem Besuche lernen, dass die Karte nicht die horizontale Intensität ausdrückt," schreibt er an Jacobi, und ein andermal: „Bei einer sehr geringen mathematischen Kenntniss, die aber doch das Rührende, vielleicht die Ironie Vermildernde hat, dass ich in meinem sechzigsten Jahre mir noch täglich achtzehn Monate lang Privatunterricht von Duhamel über mathematische

Physik geben liess, bei der Unwissenheit, die ich so gern eingestehe, hat mir doch der lange Umgang mit Lagrange, Laplace, Fourier einiges Ahndungsvermögen über den relativen Werth meiner Zeitgenossen eingeflösst. . . . ."

Im April 1853 bittet er Dirichlet sowol als auch Encke um die Definition einer harmonischen Reihe, und 1855 den Verfasser um die Formeln und Tabellen zur Verwandlung der verschiedenen Scalen der Wärmegrade u. s. w. ineinander.

Auf indirectem Wege hat Humboldt der Entwickelung der Mathematik wesentlich genützt: er hat, wo er konnte, wie aus den zahlreichen Briefen an Gauss, Jacobi, Dirichlet u. a. hervorgeht, die Studien dieser grossen Männer in jeder Weise gefördert.

Glücklicher als auf dem rein analytischen Gebiete der Mathematik war er auf dem historischen Gebiete dieser Wissenschaft. Schon auf seiner amerikanischen Reise hatte er sich besonders mit den Zahlzeichen der Azteken, der Mexicaner und der Muyscas, der Bewohner der Hochebene von Cundinamarca, beschäftigt und darüber in den „Vues des Cordillères et Monumens des Peuples indigènes de l'Amérique", II, 237—43, Mittheilungen gemacht. Ausserdem versuchte er im Jahre 1819 in einem Vortrage in den Sitzungen der Académie des inscriptions et belles-lettres in Paris zu zeigen, wie bei den Völkern dadurch, dass sie statt der Wiederholungen der Zahlzeichen Exponenten oder Indicatoren über dieselben schrieben, vermuthlich das herrliche indische System des Stellenwerthes sich ausgebildet habe.

Von dieser Abhandlung ist nur ein kurzer Auszug gedruckt.[1] Das Manuscript übergab er Champollion, der es mit wichtigen von ihm entdeckten Thatsachen über die Methode der ägyptischen Zahlzeichen bekannt machen wollte. Humboldt hatte die Absicht, seine Arbeit in ihrer ganzen Ausdehnung später heraus-

[1] Annales de Chimie et Physique, XII, 93, und *Humboldt*, Essai sur la politique de la Nouvelle-Espagne, 2e édit., III, 122—24.

zugeben; er drängte in einem Vortrage in der königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin am 2. März 1829 die vorläufigen Hauptresultate zusammen und publicirte diesen Vortrag in *Crelle's* Journal.[1]

Humboldt weist darin nach, dass die indische Methode sehr wohl aus noch jetzt im östlichen Asien üblichen Zählmethoden entstehen konnte; er widerlegt die Behauptungen verschiedener Reisender, welche beim Zählen Steinchen und Samenkörner in Haufen von fünf oder zwanzig zusammenlegen sahen und deshalb annahmen, dass viele Nationen nicht über fünf oder zwanzig zählen könnten. Man würde in gleicher Weise von den Europäern behaupten können, dass sie nicht über zehn zu zählen verstünden, weil siebzehn aus zehn und sieben Einheiten zusammengesetzt sei. Da Gruppen von Einheiten Ruhepunkte beim Zählen gewähren, und die verschiedensten Völker infolge der Gliederung des menschlichen Körpers bei einer Hand, oder bei beiden, oder bei Händen und Füssen stillstehen, so haben sich Gruppen von fünf, zehn oder zwanzig gebildet; und als etwas Merkwürdiges führt er auf, dass im Neuen Continent (z. B. quatre-vingt = viermal zwanzig, statt achtzig) wie bei den afrikanischen Mandingos, den Basken und den gaelischen Stämmen des Alten Continents meist Gruppen von zwanzig vorherrschen. Er stellt Vergleiche an zwischen den Systemen der Azteken, Aegypter, Etrusker und Römer, und zeigt wie die Normalgruppen fünf, zehn und zwanzig nach einer Hand, zwei Händen, und Hand und Fuss genannt werden. Er ist der Ansicht, wie Ovid sagt: „quia tot digiti per quos numerare solemus", und dass wir nur deshalb nach Zehnern rechnen; dass der Mensch bei sechsfach gegliederten Händen und Füssen zu Gruppen von zwölf gelangt sein würde.

Ueber den Ursprung der Zahlen kommt Humboldt zu der Ansicht, dass die Chinesen schon von den frühesten Zeiten an

[1] *Crelle's* Journal für die reine und angewandte Mathematik, IV, 205—31.

durch aufeinanderfolgende parallele Schnüre Decimalbrüche, ganze Zahlen und Potenzen von zehn hatten. Merkwürdig ist, dass die Mexicaner die Einheiten bis neunzehn (das erste Gruppenzeichen ist zwanzig) und die Rechnung von der Rechten zur Linken, wie die semitische Schrift, gehabt haben. Er erklärt sich gegen die Ansicht, als habe Indien einerlei gestaltete Ziffern und keine Buchstabenzahlen gehabt. Jenseit des Ganges, im Birmanenreiche, sehen wir Stellenwerthe und Nullzeichen, aber von den arabischen, persischen und Devanagari- (indischen) Ziffern gänzlich abweichende Zeichen.

Die von den Arabern gebrauchten persischen Ziffern weichen sämmtlich von den jetzt sogenannten arabischen Ziffern ab, von den Devanagariziffern sind 1, 2, 3 den unserigen ähnlich, die devanagari 4 ist unserer 8, die 7 unserer 9 ähnlich, die persische 6 ist unsere 7.

Von den verschiedenen Mitteln, welche angewandt sind, um dieselben Gruppen von Einheiten graphisch auszudrücken, unterscheidet Humboldt vier Methoden. Erstens die Juxtaposition, bei welcher die Buchstabenzahlen und eigentlichen Ziffern nur addirt werden. Sie war gebräuchlich bei den Tuskern, Römern, Griechen (bis zur Myriade), bei den semitischen Stämmen und Mexicanern. Diese Methode macht das Rechnen besonders beschwerlich, wenn die Multipla der Gruppen nicht eigene Zeichen haben.

Als zweite Methode gibt er die Vervielfachung oder Verminderung des Werthes durch darüber oder darunter gesetzte Zeichen an. Ein β mit 1, 2 oder 3 Strichen bedeutete 20, 200, 2000. Bei den Griechen bezeichnete ein senkrechter Strich einen Bruch, so ist bei Diophantus $\gamma' = \frac{1}{3}$. Entocius bezeichnete 10000 mit M^{α}, 20000 mit M^{β}, 30000 mit M^{γ}. Bei den Chinesen bedeuteten drei Horizontalstriche unter dem Zeichen von 10 die Zahl 13, dagegen drei Horizontalstriche darüber die Zahl 30. Bei den Aegyptern, Azteken und Mexicanern finden sich dieselben Indicatoren, bei diesen Völkern steht das

Gruppenzeichen unten, bei den arabischen Gobar-Ziffern steht es oben.

Die dritte Methode ist die Vervielfachung des Werthes durch Coëfficienten. Was bei den Chinesen als Indicatoren in der senkrechten Schrift, wurde bei den Griechen, Armeniern und den Tamul redenden Bewohnern der südlichen Halbinsel von Indien in horizontaler wiederholt. Diophant und Pappus schreiben 20000 mit βMυ, 10002 mit αMυβ.

Die vierte Methode gibt die Vervielfältigung und Verminderung aufsteigend und absteigend durch Abtheilung von Zahlschichten, deren Werth sich in geometrischer Progression vermindert. Dieses System wurde von Archimedes und Apollonius bei Zahlen über $(10000)^2$ und von Myriade zu Myriade gebraucht. Die alexandrinischen Astronomen hatten Schichten, in denen dieselben Zahlen abnehmend die Bedeutung 1, $^1/_{60}$, $^1/_{3600}$, $^1/_{216000}$ erhielten. Ptolemäus brauchte den Grad als Einheit, die Minute bekam einen Strich ′, die Secunde ″, die Tertie ‴.

Humboldt sagt: „In der einfachen Herzählung der verschiedenen Methoden, welche Völker, denen die indische Positionsarithmetik unbekannt war, angewandt haben, um die Multipla der Fundamentalgruppen auszudrücken, liegt die Entstehung des indischen Systems.[1] Wenn man die Zahl 3568 perpendiculär oder horizontal durch Hülfe von Indicatoren ausdrückt, welche den verschiedenen Abtheilungen des Abacus entsprechen (also $\overset{3}{\mathrm{M}}\ \overset{5}{\mathrm{C}}\ \overset{6}{\mathrm{X}}\ \overset{8}{\mathrm{I}}$), so erkennt man leicht, dass die Gruppenzeichen (M C X I) weggelassen werden können. Unsere indischen Zahlen sind aber nichts anderes als jene Indicatoren, sie sind Multiplicatoren der verschiedenen Gruppen."

Unentschieden lässt Humboldt, ob das einfache indische Positionssystem seinen Weg in die Abendländer durch den Aufenthalt des gelehrten Astronomen Rihan Muhammed ebn Ahmet Abiruni in Indien, oder durch maurische Zollbeamte an der nord-

[1] Kosmos II, 455.

afrikanischen Küste und den Verkehr der italienischen Kaufleute mit diesen Zollbeamten gefunden hat.

„Wie ganz anders vervollkommnet", fügt er hinzu, „würden Archimedes, Apollonius von Perga und Diophantos die mathematischen Wissenschaften dem gelehrten Zeitalter der Haschemiten überliefert haben, wenn die Abendländer zwölf oder dreizehn Jahrhunderte früher, also durch Alexander's Heerzüge, die indische Positionsarithmetik empfangen hätten."

Mit derartigen Forschungen beschäftigte sich Humboldt noch in spätern Jahren. So theilt er Jacobi ein Fragment mit, worin acht indische Zahlen vorkommen: 1, 3, 7, 3, 4, 3, 8, und frägt an, ob die Araber wirklich die Zahlzeichen gebracht haben, denn die Methode entspringt viel früher im Abendlande als an der Zollstätte in Tunis und dem nähern Sicilien.

Er veranlasste im Jahre 1846 Jacobi, ihm über die Mathematik der Hellenen fragmentarische Mittheilungen zu machen, welche er zu seinem „Kosmos" benutzen wollte. Jacobi sandte ihm ein Manuscript über die Mathematik des classischen Alterthums, namentlich über Euklid, Archimedes und Apollonius. Humboldt dankt Jacobi für den Genuss, den ihm diese Blätter verschafft haben, doch beklagte er später, in seiner Unwissenheit davon weniger Gewinn haben ziehen zu können, als die Ausarbeitung Jacobi Anstrengung gekostet hätte. „Es ist das erste mal, dass ich etwas ganz aufgebe!"[1]

Noch 1851 sendete Humboldt an Jacobi von diesem gegebene Erläuterungen über die Zahlen zurück, und erwähnt, dass er alle seine Manuscripte über Zahlsysteme an Dr. Brugsch geschenkt habe. Die grössere Abhandlung, von welcher er 1829 sprach, ist unvollendet geblieben und nicht erschienen.

[1] Im December 1846 gab Humboldt die Blätter an Jacobi zurück und ersuchte ihn, sie an Schumacher zur Aufnahme in dessen „Jahrbuch" zu senden. Sie sind dort nicht erschienen, und ich habe sie auch in Schumacher's Nachlass, den ich 1869 theilweise durchsehen konnte, nicht gefunden.

B. Astronomie.

Erst als Humboldt sich zu seinen grössern Reisen vorbereitete, in seinem 28. Lebensjahre, fing er auch an sich mit Astronomie, so viel als nöthig war, vertraut zu machen. Die Vorerinnerung zu dem astronomischen Theile seiner Reisen, herausgegeben von Oltmanns, enthält u. a. die folgenden Worte: „Als ich mich im Jahre 1797 auf eine Reise ausserhalb Europa vorbereitete, wurde ich von einem der ersten Astronomen unsers Zeitalters, von einem Manne, dessen Verdienste um Stern- und Länderkunde allgemein anerkannt werden, dazu aufgefordert, mich mit astronomischen Beobachtungen zu beschäftigen. Ich verdanke dieser wohlwollenden Aufforderung des Hrn. von Zach viele der frohesten Stunden meines Lebens. Meine Neigung zur praktischen Astronomie hat seitdem mit jedem Jahre zugenommen. Einsamkeit, Pracht des südlichen Himmels, Ruhe der Wälder haben mich an eine Arbeit gefesselt, der ich vielleicht während meines Aufenthalts in dem Neuen Continente mehr Zeit gewidmet habe, als ich, bei der grossen Mannichfaltigkeit von Gegenständen, die den Reisenden umgeben, hätte thun sollen."

Zu Ende des vorigen Jahrhunderts hatte die Geographie und Astronomie ihren Mittelpunkt in den „Geographischen Ephemeriden" und in *Zach's* „Monatlicher Correspondenz für Erd- und Himmelskunde", an welcher Gauss, Olbers, Bessel u. a. Mitarbeiter waren. Der Herausgeber war theils wegen seiner grossen Belesenheit, theils wegen seiner Bekanntschaft mit allen damaligen Reisenden eine Autorität. Zach, der unter Liesganig als österreichischer Ingenieur mit geodätischen Vermessungen beschäftigt gewesen, darauf mehrere Jahre als Lehrer bei dem sächsischen Gesandten, Grafen von Brühl, in London (demselben Grafen Brühl, der sich in England eine Privatsternwarte errichtete und später den grössten Theil seiner Instrumente und Bücher der leipziger Sternwarte schenkte) fungirt hatte, war von

1787—1806 Director der von ihm gegründeten Sternwarte auf dem Seeberge bei Gotha und hat das grosse Verdienst, den Hadley'schen Spiegelsextanten in Deutschland besonders in Aufnahme gebracht zu haben. Er erkannte mit vollständig richtigem Tact, dass dieses Instrument für Reisende von der grössten Wichtigkeit sei, er stellte damit zahlreiche Beobachtungen an und publicirte dieselben in seinen Journalen. Er war es, der besonders Humboldt den Sextanten zur Ausübung der praktischen Astronomie empfahl. Der grösste Theil der Humboldt'schen Beobachtungen in Amerika ist mit dem Sextanten gemacht, und welche wichtigen Resultate die daraus abgeleiteten geographischen Ortsbestimmungen für die mathematische Geographie ergaben, soll im nächsten Abschnitt zur Sprache kommen.

Doch auch andere Beobachtungen, die in das rein astronomische Gebiet gehören, stellte Humboldt an, und zuerst sind die ewig denkwürdigen Sternschnuppen-Beobachtungen in der Nacht vom 11. zum 12. Nov. 1799 zu nennen, worüber es in seinen Reisen[1] heisst: „Die Nacht vom 11. zum 12. Nov. war kühl und ausnehmend schön. Gegen Morgen, von ½3 Uhr an, sah man gegen Osten höchst merkwürdige Feuermeteore. Bonpland, der aufgestanden war, um auf der Galerie der Kühle zu geniessen, bemerkte sie zuerst. Tausende von Feuerkugeln und Sternschnuppen fielen hintereinander, vier Stunden lang. Ihre Richtung war sehr regelmässig von Nord nach Süd; sie füllten ein Stück des Himmels, das vom wahren Ostpunkt 30 Grad nach Nord und nach Süd reichte. Auf einer Strecke von 60 Graden sah man die Meteore in Ost-Nord-Ost und Ost über den Horizont aufsteigen, grössere oder kleinere Bogen beschreiben und, nachdem sie in der Richtung des Meridians fortgelaufen, gegen Süd niederfallen. Manche stiegen 40 Grad hoch, alle höher als 25—30 Grad. Der Wind war in der niedern Luft-

[1] *Hauff*, Humboldt's Reisen (Stuttgart 1859), II, 68. 69.

region sehr schwach und blies aus Ost; von Wolken war keine Spur zu sehen. Nach Bonpland's Aussage war gleich zu Anfang der Erscheinung kein Stück am Himmel so gross als drei Monddurchmesser, das nicht jeden Augenblick von Feuerkugeln und Sternschnuppen gewimmelt hätte. Der erstern waren wenigere; da man ihrer aber von verschiedenen Grössen sah, so war zwischen diesen beiden Klassen von Erscheinungen unmöglich eine Grenze zu ziehen. Alle Meteore liessen 8—10 Grad lange Lichtstreifen hinter sich zurück, was zwischen den Wendekreisen häufig vorkommt. Die Phosphorescenz dieser Lichtstreifen hielt 7—8 Secunden an. Manche Sternschnuppen hatten einen sehr deutlichen Kern von der Grösse der Jupiterscheibe, von dem sehr stark leuchtende Lichtfunken ausfuhren. Die Feuerkugeln schienen wie durch Explosion zu platzen; aber die grössten, von 1° bis 1° 13′ Durchmesser, verschwanden ohne Funkenwerfen und liessen leuchtende, 15—20 Minuten breite Streifen (trabes) hinter sich. Das Licht der Meteore war weiss, nicht röthlich, wahrscheinlich weil die Luft ganz dunstfrei und sehr durchsichtig war. Aus demselben Grunde haben unter den Tropen die Sterne erster Grösse beim Aufgehen ein auffallend weisseres Licht als in Europa.

„Fast alle Einwohner von Cumana sahen die Erscheinung mit an, weil sie vor 4 Uhr aus den Häusern gehen, um die Frühmesse zu hören. Der Anblick der Feuerkugeln war ihnen keineswegs gleichgültig; die ältesten erinnerten sich, dass dem grossen Erdbeben des Jahres 1766 ein ganz ähnliches Phänomen vorausgegangen war. In der indianischen Vorstadt waren die Guaiqueries auf den Beinen; sie behaupteten, «das Feuerwerk habe um 1 Uhr nachts begonnen, und als sie vom Fischfang im Meerbusen zurückgekommen, haben sie schon Sternschnuppen, aber ganz kleine, im Osten aufsteigen sehen». Sie versicherten zugleich, auf dieser Küste seien nach 2 Uhr morgens Feuermeteore sehr selten.

„Von 4 Uhr an hörte die Erscheinung allmählich auf; Feuerkugeln und Sternschnuppen wurden seltener; indessen

konnte man noch eine Viertelstunde nach Sonnenaufgang mehrere an ihrem weissen Licht und dem raschen Hinfahren erkennen."

Ganz besonders verdient machte Humboldt sich dadurch, dass er von Caracas bis zum Rio negro forschte, ob man auch dort den Sternschnuppenfall gesehen habe; er erkundete, dass die Kapuziner in der Mission San Fernando de Apure, die Franciscaner am Orenoco u. s. w. das Phänomen „gleich einem schönen Feuerwerk" wahrgenommen, und als er nach Europa zurückgekehrt war, stellte er fest, dass der Sternschnuppenfall von Weimar bis an den Rio negro, über 1800 Seemeilen, vom Rio negro bis nach Herrnhut in Grönland auf einem Flächenraume von 921000 Quadratmeilen beobachtet war. Während er in seinen „Reisen" nur die kosmische Natur der Sternschnuppen andeutet und Feuerkugeln, Sternschnuppen, Nordlichter als zusammengehörig betrachtet, mit dem Hinzufügen, dass wir von der Abhängigkeit der Periodicität vom Zustande der Atmosphäre noch ebenso wenig wissen wie zu den Zeiten des Anaxagoras, während ihm nach seiner damaligen Erfahrung die Sternschnuppen unter den Wendekreisen häufiger zu sein scheinen als in den gemässigten Zonen, über dem Festlande und an gewissen Küsten häufiger als auf offener See[1], stellt er im „Kosmos" alle einzelnen Erscheinungen der Sternschnuppenschwärme zusammen, beleuchtet sie nach allen Seiten und erklärt sie nach der Olbers'schen Hypothese für kosmische Meteore, für Asteroiden, die in einem nahe kreisförmigen Ringe, ähnlich den Planetenbahnen, sich um die Sonne bewegen.

Erst in neuester Zeit ward auch diese Hypothese verändert: die kosmische Natur ist den Sternschnuppen geblieben, auch die Sonne als Brennpunkt für ihre Bahnen beibehalten, aber gerade die periodischen Schwärme des November und des Laurentiustages (10. Aug.) gehören verschiedenen Bahnen an,

[1] *Hauff*, Reisen, II, 77

die als langgestreckte Ellipsen um die Sonne ihr Perihel in der Nähe der Erdbahn haben.

Einer andern noch jetzt räthselhaften Erscheinung, dem **Zodiakallichte**, wandte Humboldt ebenfalls seine Aufmerksamkeit zu. Im „Kosmos“[1] gedenkt er seiner Beobachtungen in der Südsee vom 14.—21. März 1803 zwischen 12° 9′ und 15° 20′ nördlicher Breite und 104° 27′ und 105° 46′ westlicher Länge von Paris; und nachdem Kapitän G. Jones als Resultat seiner Beobachtung in den Meeren von China und Japan statt der bisherigen Hypothese, dass das Zodiakallicht ein Ring um die Sonne sei, die Vermuthung ausgesprochen hatte, dass es ein mit dem Monde in Beziehung stehender Ring um die Erde sei, theilte Humboldt seine Beobachtungen aus dem Schiffsjournal in den „Monatsberichten der Berliner Akademie“[2] und in den „Astronomischen Nachrichten“[3] mit. Es heisst daselbst:

„Le 17 et le 18 mars le fuseau zodiacal, dont la base paraît appuyée sur le soleil, brillait d'un éclat dont je ne l'ai jamais vu en d'autres temps à l'approche de l'équinoxe du printemps. La pyramide lumineuse terminait entre Aldebaran et les Pléiades à 39° 5′ de hauteur apparente, mesurée audessus de l'horizon de la mer, qui était encore assez visible. La pointe était un peu inclinée au nord; et la partie la plus lumineuse, relevée à la boussole, gîseait ouest-nord-ouest. Ce qui m'a frappé le plus pendant cette navigation, c'est la grande régularité avec laquelle, pendant 5 ou 6 nuits de suite, l'intensité de la lumière zodiacale augmentait et diminuait progressivement. On en apercevait à peine l'existence dans les premiers trois quarts d'heure après le coucher du soleil, quoique l'obscurité fût assez considérable pour voir briller les étoiles de 4^ième^ et 5^ième^ grandeur; mais après les 7^h 15^m le fuseau

---

[1] III, 589.
[2] Juli 1855.
[3] Bd. 42, S. 65.

lumineux paraissait tout d'un coup dans toute sa beauté. La couleur n'était pas blanche comme celle de la voie lactée, mais telle que Dominique Cassini assure l'avoir vue en Europe, d'un jeaune rougeâtre. De très-petits nuages, situés accidentellement de ce côté de l'horizon, réfléchissaient sur le fond rougeâtre une vive lumière bleue. On croyait presque voir à l'ouest un second coucher du soleil. Vers les dix heures la lumière disparaissait presqu' entièrement; à minuit je n'en voyais qu'une faible trace, quoique la voûte céleste eût conservé la même transparence. Pendant que la lumière était très-vive à l'ouest, *nous observâmes constamment à l'est, et c'est là sans doute un phénomène bien frappant, une lueur blancheâtre également pyramidale.* Cette dernière était tellement forte, qu'elle augmentait à cet air de vent la clarté du ciel, de la manière la plus frappante. *Les matelots mêmes furent émerveillés de cette double lueur à l'ouest et à l'est; et j'incline à croire que cette lueur blanche à l'est était le reflet de la véritable lumière zodiacale au couchant. Aussi toutes les deux disparaissaient elles en même temps.* Des reflets analogues se présentent souvent dans nos climats au coucher du soleil, mais je n'aurais jamais imaginé que l'intensité de la lumière zodiacale pût être assez forte pour se répéter par la simple réflexion des rayons. Toutes ces apparences lumineuses étaient à peu près les mêmes dépuis le 14 au 19 Mars. Nous ne vîmes pas la lumière zodiacale le 20 et le 21 Mars, quoique les nuits fussent de la plus grande beauté."

Humboldt sah also schon die wechselnde Helligkeit und besonders den später auch von Brorsen und Heis in unsern Gegenden oft beobachteten Gegenschein des Zodiakallichts.

Als Herschel nach der Rückkehr von seiner Capreise die Resultate der Helligkeiten der Sterne auf der südlichen Halbkugel publicirte, erinnerte er an die Schätzungen, die Humboldt früher angestellt und zuerst in einem Briefe an Lalande[1] mit-

---

[1] *Tilloch*, Philosophical Magazine, 7. Jan. 1802.

getheilt hatte. Humboldt hatte die von W. Herschel angegebene Methode der Abblendung des Objectives angewandt und die Helligkeiten der Sterne erster Grösse zwischen die Stufen 100 und 80, die zweiter Grösse zwischen 80 und 60, die dritter Grösse zwischen 60 nnd 45, die viertor Grösse zwischen 45 und 30, die fünfter Grösse zwischen 30 und 20 gesetzt.[1] Die Reihenfolge der 16 von Humboldt beobachteten Sterne war hinsichtlich ihrer Helligkeit: Sirius, Canopus, α Centauri, Achernar, β Centauri, Fomalhaut, Rigel, Procyon, α Orionis u. s. w., während John Herschel sie fand: Sirius, Canopus, α Centauri, Rigel, Achernar, Procyon, α Orionis, β Centauri, Fomalhaut. Die etwas abweichenden Resultate sind durchaus nicht auf eine Veränderung der Helligkeiten der Sterne zu deuten; jeder Astronom kennt die Schwierigkeit, die Lichtmengen von Sternen zu schätzen, und ausserdem ist in Betracht zu ziehen, dass Humboldt unter andern Breiten beobachtete als John Herschel, und dass auf die Absorption des Lichtes keine Rücksicht genommen wurde. Humboldt war aber damals einer der wenigen, die auf der südlichen Halbkugel Helligkeitsschätzungen von Sternen anstellten.

Ueber die Durchsichtigkeit der Atmosphäre in den Gegenden die er auf seiner amerikanischen Reise berührte, gibt er folgende interessante Schilderung: „Wie soll ich Ihnen die Reinheit, die Schönheit und die Pracht unsers hiesigen Himmels beschreiben, wo ich oft beim Scheine der Venus den Vernier meines kleinen Sextanten mit der Loupe ablese. Die Venus spielt hier die Rolle eines Mondes. Sie hat grosse nnd leuchtende Höfe von 2° im Durchmesser, mit den schönsten Regenbogenfarben, selbst wenn die Luft vollkommen rein und der Himmel ganz blau ist. Ich glaube, dass gerade hier der gestirnte Himmel das schönste und prächtigste Schauspiel gewährt.“

Ein Phänomen, dessen Erforschung ihn nicht minder lebhaft beschäftigte, war die Strahlenbrechung. So stellte er zu

[1] Voyage aux régions équinoxiales, I, 624.

diesem Behufe in Cumana und Caracas in geringen Höhen Beobachtungen an und fand z. B. in Cumana in 5° 37′ scheinbarer Höhe, bei 17° R. Temperatur und 336,7 pariser Linien Barometerstand die Refraction 8′ 12″[1], während sie nach Bessel's Tafeln 8′ 33″ beträgt. Weil nun auch seine übrigen Messungen durchgängig geringere Werthe ergaben, spricht er die Ansicht aus, die kleinere Refraction in den Tropen möge wol eine Folge der in der Atmosphäre befindlichen Wasserdämpfe sein; im „Kosmos" hingegen sucht er nachzuweisen, dass Sonnenhöhen, durch dünne und lichte Wolken oder durch vulkanische Dämpfe genommen, keine Spur des Einflusses einer veränderten Refraction zeigen. Noch gegenwärtig haben wir keine Gewissheit darüber, ob die Refraction im tropischen Amerika geringer als bei uns ist; in Indien (Madras u. s. w.) scheint es in der Nacht wenigstens nicht der Fall zu sein, da dort die Bessel'schen Refractionstafeln benutzt werden. Eine kleinere Refraction in den Tropen würde eine schnellere Abnahme der Temperatur nach oben zu als in der gemässigten Zone voraussetzen, die nicht nur möglich, sondern auch aus andern physikalischen Gründen unmittelbar vor oder nach Sonnenuntergang wahrscheinlich ist, denn wie schnell die obere kalte Luft zu dieser Zeit dem Erdboden zuströmt, weiss jedermann. Bisjetzt sind uns noch zu wenig Beobachtungen aus jenen Gegenden bekannt, um das Gesetz der Wärmeabnahme in der Atmosphäre näher begründen zu können.

In das Gebiet der Refraction gehört wahrscheinlich auch die Erscheinung des Sternschwankens, über die Humboldt an Zach, Cumana den 1. September 1799, schreibt[2]: „Wir haben auf dieser Höhe beim Aufgange der Sonne eine sehr sonderbare Erscheinung von Strahlenbrechung gesehen. Wir glaubten anfangs, dass der Vulcan von Lancerote Feuer speie, wir sahen Lichtfunken, welche nicht nur senkrecht auf- und

[1] Monatl. Corresp., XVI, 541.
[2] Ebend., I, 398.

ab-, sondern auch 2 bis 3 Grad hin- und herflogen. Es waren Sterne, deren Licht, wahrscheinlich durch von der Sonne erwärmte Dünste verschleiert, diese schnelle und wunderbare Bewegung hervorbrachte. Die Horizontalbewegung hörte bisweilen auf."

Im „Kosmos"[1] kommt er auf diesen Gegenstand zurück, indem er noch die Beobachtungen mittheilt, welche am 22. Juni 1799 am Abhange des Pic von Teneriffa in Malpays in einer Höhe von 10700 pariser Fuss über dem Meere von ihm angestellt wurden. „Das Phänomen dauerte nur 7—8 Minuten und hörte auf lange vor dem Erscheinen der Sonnenscheibe über dem Meereshorizont. Dieselbe Bewegung war in einem Fernrohr sichtbar, und es war kein Zweifel, dass sich die Sterne selbst bewegten."

Eduard Vogel sah am 1. Juli 1853 auf den Tayhonu-Bergen beim Untergange der Venus dieselbe Erscheinung. Dieser Stern war höchstens 2 Grad über dem Horizonte, und die Bewegung betrug in keiner Richtung mehr als einen Monddurchmesser. Am Sirius sah Vogel am 4. Aug., 15 Meilen nördlich von Murzuk, den Stern parallel mit dem Horizonte hin- und herfliegen, er gibt die Bewegung in Bogen zu 4—5 Grad an. Humboldt fügt im „Kosmos" hinzu: „Gehörte diese Ortsveränderung zu der so viel bestrittenen lateralen Strahlenbrechung? Bietet die wellenförmige Undulation der aufgehenden Sonnenscheibe, so gering sie auch durch die Messung gefunden wird, in der lateralen Veränderung des bewegten Sonnenrandes einige Analogien dar?" Humboldt hält diese Erscheinung sonach für eine solche, welche in das Gebiet der ausserordentlichen Refraction gehört. Schweizer in Moskau ist über dieselbe anderer Meinung[2]: er hält sie für rein subjectiv und abhängig von unwillkürlichen Bewegungen, denen das Auge des Beobachters im Dämmerlichte unterworfen ist. Der Verfasser

[1] III, 73.

[2] Ueber das Sternschwanken (Moskau 1850).

hat sich vergeblich bemüht, die Erscheinung nach Schweizer's Beschreibung im Dämmerlichte wahrzunehmen, und möchte die Humboldt'sche Erklärung als die richtigere ansehen.

Nachdem Humboldt von seiner amerikanischen Reise zurückgekehrt war, nahm die Astronomie unter denjenigen Wissenschaften, welchen er seine Aufmerksamkeit schenkte, eine der bedeutendsten Stellen ein. Zu erwähnen ist, dass er den im Jahre 1807 mit blossem Auge sichtbaren Kometen beobachtete und mit dem Sextanten an acht verschiedenen Tagen die Abstände desselben von α Lyrae, η Ursae majoris, α Coronae und α Bootis mass. Die Beobachtungen wichen von den mit dem Ringmikrometer angestellten (das übrigens auch Humboldt zu gebrauchen verstand, denn er beklagt, dass er wegen zu viel Dunst es nicht habe anwenden können) nur 10 — 20 Secunden ab, und diese Uebereinstimmung war besonders für Zach Veranlassung, die Genauigkeit hervorzuheben, mit welcher man vermittels des Sextanten beobachten konnte.

Im Jahre 1809 war Humboldt mit Arago, der eben nach Vollendung der so denkwürdigen französischen Gradmessung von Algier nach Frankreich zurückkehrte, bekannt geworden. Die beiden Männer schlossen eine warme nie getrübte Freundschaft für die ganze Lebenszeit, und es ist nicht zu verwundern, dass Humboldt im steten Verkehr mit dem jungen, damals erst 23jährigen Director der pariser Sternwarte an neuen Himmelserscheinungen den lebhaftesten Antheil nahm. So erwähnt er in seiner Vorrede zu Arago's Werken[1], dass er an den Untersuchungen Arago's und Matthieu's über die Abweichungen einiger Sterne erster und zweiter Grösse theilgenommen habe. Auch bei dem ersten Versuche Arago's, die Polarisation auf Kometen anzuwenden, am 3. Juli 1819, war Humboldt auf der Sternwarte zugegen; er überzeugte sich mit Matthieu und Bouvard von der Ungleichartigkeit der Lichtstärken im Polariskop, wenn

[1] Franz Arago's sämmtliche Werke (16 Bde., Leipzig 1854 — 60), I, XV.

dasselbe Kometenlicht empfing, während das Licht der Capella, welche dem Kometen nahe und in gleicher Höhe stand, die Bilder im Polariskop von gleicher Intensität zeigte.[1] Es wurde dadurch vermöge der Polarisation zuerst erwiesen, dass wenigstens ein Theil des Kometenlichts reflectirtes sei.

Doch nicht nur die pariser Sternwarte besuchte er fleissig während seines dortigen Aufenthalts, auch auf der berliner Sternwarte war er, nachdem er seinen Wohnsitz wieder in Berlin genommen, ein häufiger Gast, und besonders wenn neue Himmelserscheinungen sichtbar oder neue Instrumente angekommen waren, fehlte er nie, um sich alle Eigenthümlichkeiten erklären zu lassen. Von Bessel erhielt er z. B. am 19. Jan. 1835 seinen ersten Versuch, mit dem Heliometer zu beobachten (Messungen des Doppelsterns γ Delphini), zugeschickt, die mit Bessel's Messungen gut übereinstimmten.

Zu Humboldt's astronomischen Arbeiten muss auch der Abschnitt über Astronomie gerechnet werden, welcher einen grossen Theil des ersten Bandes und den ganzen dritten Band des „Kosmos" einnimmt — eines Werks, das einzig in seiner Art dasteht und nur von einem Manne mit solcher Belesenheit, Vielseitigkeit, begabt mit dem vorzüglichsten Gedächtniss und kundig der verschiedenen Hauptsprachen, wie Humboldt es war, verfasst werden konnte. Durch seine Stellung, seine zahlreichen Bekanntschaften war es ihm möglich, aus allen Gegenden, von allen Gelehrten Notizen zu erhalten, die er dann in der ihm eigenthümlichen Darstellung weiter verarbeitete. Ganz besonders ist dabei die grosse Sorgfalt zu rühmen, mit der er über einen und denselben Gegenstand von verschiedenen Seiten sich Aufklärung zu verschaffen bemüht war. Als Beispiel möge nur erwähnt werden, dass er, um die Anzahl der dem blossen Auge sichtbaren Sterne zu erfahren, sich sowol an Argelander als an Herschel, an Rümker, an Galle und an Heis wandte, dass er über die Eigenschaften der Doppelsterne die Ansichten von Bessel,

---

[1] Kosmos, I, 392.

Struve und Arago einholte. Gewissenhaft hat er bei allen nicht von ihm selbst gefundenen Ergebnissen die Quelle genannt; er zog aus den Mittheilungen anderer diejenigen Schlüsse, welche den Faden, der durch den ganzen „Kosmos“ geht, in der nothwendigen Continuität erhalten. Voll der verschiedenartigsten Beleuchtungen einzelner Gegenstände und der besten, von den competentesten Männern der damaligen Zeit erforschten Resultate, enthält der „Kosmos“ aus dem Gebiete der Astronomie eine Summe von Gelehrsamkeit, welche, obwol nicht jede Erscheinung vollständig erschöpfend, indem sie dazu nicht tiefgehend genug ist, doch ein Gesammtbild des Wissenswerthen vom Weltall in anschaulichen Umrissen darbietet. Um auch nach Zusammenfügung der Theile das Werk noch möglichst von Fehlern zu befreien, legte der Verfasser die Bogen desselben Fachmännern wie Bessel, Encke, Galle u. a. zur Durchsicht vor und berücksichtigte deren Bemerkungen oder Correcturen in thunlichster Weise.

Als Bessel die ersten zwölf Bogen vom ersten Bande des „Kosmos“ erhalten, schrieb er, 10. April 1844, an Humboldt: „Wie soll ich danken für den unendlichen Genuss, den Ew. Excellenz mir durch die Uebersendung der zwölf ersten Bogen des «Kosmos» bereitet haben! — «Kosmos» ist ein Mann, dessen Name sein Inneres bestimmt; er erscheint in einem Kleide, auf welches die schönsten Ehrenzeichen geheftet sind, viele, deren Brillantglanz unvergleichlich ist. Vor seinem öffentlichen Auftreten soll ich die Stäubchen wegbürsten, die auf seinem glänzenden Kleide haften mögen? Es ist ganz unnöthig, niemand sieht sie. Aber da es geschehen soll, so muss ich meine Bereitwilligkeit dazu zeigen. Hier erhalten Ew. Excellenz einen ganzen Bogen voll Anmerkungen, Stäubchen bis zu unschuldigen Druckfehlern einschliesslich. Ich selbst wünsche nicht, dass alle meine Anmerkungen Folgen haben; wenn keine davon Folgen hat, so wird wenig dabei verloren. — Gegen das Ende, wo von dem entfernten Weltraum gehandelt, wird mir etwas unheimlich zu Sinne. Wenn jeder sein eigenes Interesse und seine Pflicht

gegen andere kennte, so würde er Resultate, die er gesucht, aber nicht gefunden hat, nicht als gefundene darstellen. Das geschieht aber leider oft, und das bringt eine Unsicherheit hervor, aus der schwer herauszukommen ist. Namentlich ist mir verdriesslich, wie oft neben das gute Resultat des einen das spätere schlechte eines andern gestellt wird. Alles von dieser Art habe ich nicht andeuten können, weil ich mich in genauere Kritik von Arbeiten hätte einlassen müssen, denen ich nicht Interesse genug abgewonnen habe, um sie genau kennen zu lernen. Etwas anderes, was mir auch verdriesslich ist, hier aber wenig in Betracht kommt, ist ein eingerissenes Unwesen im Citiren: A hat eine Idee gehabt oder durchgeführt, B, C, D haben sie wiederholt oder verdorben — dann citiren B, C, D sich nicht nur selbst, kaum oder gar nicht A, sondern auch andere citiren B, C, D, wenn es hoch kommt auch A. Sie vergessen dabei, dass sie sich selbst ein schlechtes Compliment machen, ihrer Einsicht oder ihrer Unparteilichkeit. — Doch da ich die Fehler der Welt nicht bessern kann, so muss ich mich begnügen, alle Aufmerksamkeit anzuwenden, um selbst nicht ihrer theilhaft zu werden. — Wenn Ew. Excellenz meine Anmerkungen nicht für ganz unbrauchbar erkennen, so hoffe ich auf die spätern Bogen des «Kosmos». Die Gedanken und die Schönheit Ihres Ausdrucks machen den «Kosmos» classisch; ich hätte die Bogen gern zum zweiten, dritten male gelesen, aber ich halte ihre möglichst schnelle Zurücksendung für nothwendig."

Nach Empfang des ersten Bandes, am 1. Nov. 1845, spricht sich Bessel folgendermassen aus: „Ich habe noch nicht einmal für den «Kosmos» gedankt! — Obgleich Ew. Excellenz mich durch die frühe Zusendung von Correcturbogen beglückt haben, so bin ich doch in einem gänzlichen Irrthum über die Art dieses Werkes geblieben. Ich konnte die Idee einer «Exposition» nicht los werden, wenn mich auch der erste Abschnitt hätte enttäuschen sollen. Jetzt verstehe ich Ew. Excellenz Absicht richtiger. Ihr «Kosmos» verhält sich zu einer «Exposition» etwa wie ein Bild

von einem römischen Meister zu einer Tafel von Scarpa. Ich war, als ich Ihr unvergängliches Werk einige mal las, noch nicht so stumpf, dass ich seinen artistischen Eindruck gar nicht hätte geniessen können; aber ich war auch nicht mehr so frisch, dass ich mich seiner ganz hätte erfreuen können. Habe ich jetzt eine gute Stunde, so bringt sie mir den «Kosmos» in die Hände, denn der Genuss wächst mit seiner Wiederholung. Grossen, herzlichen Dank für dieses Werk!"

Bessel erlebte nicht das Erscheinen des dritten Bandes, er würde über denselben gewiss nicht minder günstig geurtheilt haben, obwol hier öfter eine andere Zusammenstellung der Quellen um der Klarheit willen wünschenswerth erscheint.

Ueber die erste Hälfte des dritten Bandes schreibt Struve am 13. März 1851 an den Verfasser: „Der dritte Band Ihres «Kosmos» hat mir ebenso viel Genuss als Belehrung gewährt, und ich habe ihn mit wahrer Bewunderung des Verfassers aus den Händen gelegt. Welch eine Fülle von Thatsachen und Gedanken, welch einen Reichthum an Gelehrsamkeit bietet dies Werk dar! Es kommt dabei, meiner Meinung nach, gar nicht darauf an, ob ein sachkundiger Leser in allen Einzelnheiten mit den im Werke ausgesprochenen Ansichten übereinstimme, sondern das Ganze muss ins Auge gefasst werden und gerade als Ganzes gewürdigt werden. Da ist nun aber gewiss kein Zweifel, dass dieser dritte Theil des «Kosmos» würdig den frühern an die Seite tritt; ja ich wage es, nach meinem persönlichen Urtheil, ihn selbst höher als die frühern zu stellen, vielleicht freilich, weil gerade sein Inhalt mit meinen eigenen Studien zusammentrifft. Ganz besonders haben mich die vielfachen historischen Forschungen in Ihrem Werke angesprochen, die für mich, der ich glaube eine nicht gewöhnliche Kenntniss der astronomischen Literatur zu besitzen, noch so viel Neues darboten. Vielfache Belehrungen habe ich aus den trefflichen Erörterungen geschöpft, bei welchen Sie die handschriftlichen Mittheilungen Arago's und Argelander's in Anwendung gebracht haben. Erfreulich ist es, den geistreichen Arago, der in den

letzten Jahren so wenig Wissenschaftliches gab, wieder in klarer Auseinandersetzung schwieriger optischer Fragen zu vernehmen. Von Argelander ist man gewohnt, nur Treffliches zu lesen, da jede seiner Arbeiten das Gepräge seltener Vollendung trägt; so schon sein classischer Katalog der Sterne mit eigenen Bewegungen und in neuester Zeit seine Zonenarbeit. Ich glaube, dass diese letztere zu den vorzüglichsten Werken der neuern Astronomie zu rechnen ist, die an Zuverlässigkeit sowie an Zweckmässigkeit der Anordnung selbst Bessel's Zonen erheblich überragt."

Die Vollendung des „Kosmos" war dem greisen Autor nicht vergönnt. Der fünfte Band enthält zu Anfang nur noch einige astronomische Notizen nebst Berichtigungen und Ergänzungen zum dritten Bande.

So hat Humboldt zu einzelnen Gebieten der praktischen Astronomie und zu deren Darstellung einige nicht unwichtige Beiträge geliefert. Viel grösser aber ist die Wirksamkeit, die er auf indirectem Wege ausübte. Humboldt war der Gründer der berliner Sternwarte, der Freund und Förderer aller Astronomen, die sich an ihn wandten und mit welchen er in nähere Beziehung trat.

Als er im Herbst 1826 nach Berlin kam, wünschte er, dass Encke, der ein Jahr vorher zum Director der Sternwarte ernannt worden war, sofort nach Bode's Tode die Gelegenheit mit Eifer ergreifen möchte, um den Bau einer neuen Sternwarte zu beantragen. Die Ansichten Humboldt's und Encke's gingen jedoch in Betreff dieses Plans ziemlich weit auseinander. Encke schreibt darüber an Bessel am 7. Dec. 1826[1]: „Humboldt glaubt, die Sternwarte sei nur eine Kapsel für Instrumente, die sich mitten in der Stadt aufstellen lasse", worauf Bessel erwiderte, er halte allerdings eine ordentliche Sternwarte in Berlin für ein Bedürfniss, und auch Encke werde in dem Besitz derselben Befriedigung finden. Infolge dessen scheint letzterer mit dem

[1] *Bruhns*, Johann Franz Encke (Leipzig 1869), S. 179.

Gedanken eines Neubaues sich mehr befreundet zu haben, denn er bat am 8. Jan. 1828 Bessel um den Kostenanschlag der königsberger Sternwarte. Unterdessen hatte Humboldt durch seine Vorlesungen (begonnen am 3. Nov. 1827) die Aufmerksamkeit des Königs auf den Gegenstand hingelenkt.

Schumacher, damals Director der altonaer Sternwarte, machte Humboldt Mittheilungen über zwei bei Fraunhofer zu München in Arbeit befindliche grosse Refractoren von 13 Fuss Brennweite und 9 Zoll Oeffnung, die grössten welche bis dahin gebaut worden waren, und mit Gläsern, wie sie nur ein Fraunhofer bereiten konnte. Einer derselben war nach Dorpat bestimmt, und um den andern für Berlin zu erlangen, bediente sich Humboldt der freundlichen Vermittelung Schumacher's. Er schreibt ihm deshalb am 18. Oct. 1828: „Meine Geschäfte für den König hatten sich angehäuft, und ich wünschte Ihnen zugleich recht bestimmt über das Riesenfernrohr von Fraunhofer schreiben zu können. Ich habe nun, da Hofrath Gauss mich verlassen und der Monarch von den Sorgen der Revue befreit ist, meinen Antrag wegen der neuen Sternwarte gemacht und vorgestellt, dass man erst die Instrumente kaufen und bestellen müsse, ehe man baue. Der Bau kann ohnedies erst in anderthalb Jahren, nach völliger Einrichtung des Museums, beginnen. Es kam jetzt nur darauf an, dass der Entschluss zur neuen Sternwarte gefasst wurde. Auch wird die Existenz derselben dadurch gesichert, dass man Instrumente ankauft, welche schlechterdings in der alten sogenannten Sternwarte nicht aufgestellt werden können. Ich habe, um gradatim zu gehen, für jetzt vorgeschlagen: das Fraunhofer'sche Fernrohr zu kaufen, einen dreifüssigen Meridiankreis bei Pistor zu bestellen, einen Taschenchronometer (den Encke wünschte) bei Tiede; beide letztern zur Aufmunterung vaterländischer Künstler. Ich hätte vielleicht einen münchener Meridiankreis vorgezogen, da man Pistorn für Ihren trefflichen Repsold Zögerung und Nichtvollendung zuschreibt, aber Bessel und Encke haben fest für Pistor gestimmt, und ich konnte es nicht wagen einem

fremden Künstler den Vorzug zu geben. — Nun zur Sache wegen des Ankaufs des Riesenfernrohrs, dem dorpater ähnlich, welches wir ganz Ihnen verdanken sollen. Sie können in Gauss' Namen die feste Versicherung geben, dass man in Hannover nicht an den Ankauf denke. Derselbe könnte nur von Ganss ausgehen und dieser grosse Geometer, mit so vielen andern Arbeiten beschäftigt, hat mir bestimmt gesagt, er werde nicht anregen; ja er wünsche nicht einmal die Acquisition. Da Sie, mein Verehrtester, unsern König nicht genannt haben, so könnten Sie ja wol (um alle Weitläufigkeiten über neue Anfragen in Hannover zu vermeiden) auf augenblickliche Resolution in München dringen. Sie schreiben gütigst: wir könnten auf 14 — 15000 Gulden (24-Guldenfuss) rechnen. Nun machen 14000 solcher Gulden 8166 preuss. Thaler, 15000 Gulden = 8750 preuss. Thaler. Der König hat in einer unter dem 15. Oct. an mich gerichteten Cabinetsordre alle meine Anträge genehmigt, 8500 Thaler für das Fraunhofer'sche Fernrohr, 3000 Thaler für den Pistor'schen dreifüssigen Meridiankreis (mit münchener Fernröhren), 500 — 600 Thaler für den Tiede'schen Chronometer zu meiner Disposition gestellt und mir ausserdem befohlen, im nächsten Jahre Anschläge und Notizen über den wohlfeilsten und zweckmässigsten Bau auswärtiger neuer Sternwarten einzureichen. Da der Monarch sich so ungemein freundlich über dies alles geäussert, so wünsche ich wol, dass die Emballage in jenen Ankaufspreis einbedungen werden könnte. Sie können also über 8500 (sage acht tausend fünf hundert) preussische Thaler disponiren; dieses Maximum kann ich nicht überschreiten. Die von Struve beschriebenen Mikrometer müssen (wie bei dem dorpater Instrument) mit im Kaufe eingeschlossen sein, und wären sie nicht angefertigt, so muss man sie umsonst nachliefern. Das preussische Gouvernement macht seine Zahlungen immer von Berlin; Herr von Utzschneider muss also bestimmen, an wen (nach Abgang des Instruments) in Berlin das Geld (in preussischen Thalern zu bestimmen) gezahlt werden solle. Den Transport vor Einbruch

des Winters bezahlt der König besonders. Erst wenn der Name Preussen kein Geheimniss mehr ist, werde ich die preussische Gesandtschaft (Herr von Küster in München) in die Sache des Transports wegen mischen. Ich werde dann erst selbst freundlichst an Utzschneider schreiben und ihm zur Entschuldigung des Geheimnisses sagen «wegen des Glaubens an hannoverische Ansprüche habe es meinem Gouvernement delicater geschienen, Ihre Güte zu benutzen und die Sache als eine Privatsache zu betreiben.» Da es nicht zu vermeiden ist, dass die Sache bald von hier aus bekannt werde, schon wegen Ausfertigung der Decrete, so bitte ich Sie innigst, mein Verehrtester, recht bald die nöthigen Schritte zu thun. Ich wünschte dass wir wohlfeil kaufen könnten, werde aber, was Emballage und Ort der Zahlung betrifft, gern nachgeben, nur auf die Mikrometer (gleich den dorpatischen, die, glaube ich, $^1/_{40}$ einer Secunde!! geben) und auf das Maximum der Ankaufsumme von 8500 preussischen Thalern muss ich fest halten. Mehr wird der König nicht geben."

Humboldt fand es, wie Encke in der Vorrede zum ersten Bande der „Astronomischen Beobachtungen auf der königlichen Sternwarte zu Berlin" sagt, nicht unter seiner Würde, die Uebersiedelung in seine Vaterstadt durch einen Cyklus von Vorlesungen einzuweihen, welche zahlreiche, zum Theil den höchsten Ständen angehörige Zuhörer um ihn versammelten, und deren Andenken sich noch so frisch erhalten hat, dass es nicht nöthig ist, ihren grossen und segensvollen Einfluss auf das Studium der Naturwissenschaften hier von neuem hervorzuheben. Diese Vorlesungen erfreuten sich auch der beifälligen Theilnahme des Königs Friedrich Wilhelm III., und da in der ersten Hälfte derselben die neuere Astronomie mit ihren Entdeckungen eine glänzende Stelle einnahm, so wurden sie die Veranlassung zu einem Antrage Humboldt's vom 10. Oct. 1828: „Des Königs Majestät möge allergnädigst den Ankauf des grossen Fraunhofer'schen Refractors in München, die Bestellung eines Meridiankreises bei dem hiesigen Geheimen Post-

rath Hrn. Pistor, und eines Chronometers bei dem hiesigen Uhrmacher Hrn. Tiede befehlen und huldreichst erlauben, in den nächsten Jahren die Notizen über den zweckmässigsten Bau auswärtiger Sternwarten zu sammeln und durch ein hohes Ministerium der Unterrichtsanstalten Sr. Majestät vorlegen zu lassen."

Schon am 15. Oct. erfolgte die Genehmigung dieser Anträge; der von Fraunhofer beinahe vollendete grosse Refractor wurde sogleich angekauft, und 1829 wurden auch die andern beiden Instrumente bestellt.

Als am 3. März 1829 der Fraunhofer'sche Refractor aus München ankam, schrieb Humboldt an Schumacher: „Wir leben hier dankbar, wenn wir an Sie denken in der baldigen Erwartung des Guten, was wir ohne Ihre Thätigkeit und Menschenkenntniss nicht würden erlangt haben..... Nehmen Sie nochmals in meinem Namen und in dem meines Gouvernements den Ausdruck unserer innigsten Dankbarkeit an."

Mit Bestellung der grossen, kostbaren Instrumente war auch der Entschluss zur Erbauung einer neuen Sternwarte ausgesprochen. Encke reiste im April 1830 nach Königsberg, um sich an Ort und Stelle über die Einrichtung der dortigen Sternwarte zu unterrichten; im August desselben Jahres ward ein Grundstück in der Lindenstrasse angekauft; 1832 begann der Bau, und am Schlusse des Jahres 1835 stand die neue berliner Sternwarte, diese Humboldt'sche Schöpfung, vollendet da.

Humboldt fand sich oft und gern daselbst ein und veranlasste auch den König Friedrich Wilhelm III., den Kronprinzen und andere Glieder der königlichen Familie, das Gebäude mit allen seinen Anstalten in Augenschein zu nehmen. Bis an sein Lebensende blieb er, trotzdem Encke ihm in keiner Weise sympathisch war und nicht immer auf seine Wünsche einging, der Freund und Beschützer der berliner Sternwarte. Zum letzten male — Encke nennt es „seinen Scheidegruss" — besuchte er sie sieben Monate vor seinem Tode, am 5. Oct. 1858, um den glänzenden Donatischen Kometen zu sehen. Er übertrug sein

Wohlwollen auch auf die jüngern an dem Institute beschäftigten Astronomen, auf Galle, Brünnow, Luther und den Verfasser dieses Aufsatzes.

Gross war seine Freude, als am 23. Sept. 1846 von Galle auf der berliner Sternwarte der Neptun aufgefunden wurde. Er begab sich gleich am 24. dahin, um zu gratuliren, wiederholte an den folgenden Tagen seine Besuche und war äusserst gespannt, zu hören, ob man etwa in Paris oder anderswo der Entdeckung zuvorgekommen sei; denn niemand wünschte mehr als er, dass die Priorität dem berliner Institut verbliebe, und als man ihm sagte, die Aufsuchung des Planeten sei durch die Bremiker'sche Sternkarte erleichtert worden, rief er aus: „Man benutzt in Paris diese Sternkarte nicht — dies rettet uns!" Er verschaffte dem Auffinder des Neptun mehrere Auszeichnungen und bewahrte ihm, auch nach dessen Berufung an die breslauer Universität, seine persönliche Gunst.

Als der eifrige Planetenentdecker Luther (jetzt Director der Sternwarte in Bilk) ihn ersuchte, einen neu entdeckten kleinen Planeten zu benennen, antwortete er am 17. Mai 1853: „Da heute das grosse Johanniterfest bei Hofe ist, so kann ich nur mit wenigen flüchtigen Zeilen Ihnen meinen herzlichsten Glückwunsch darbringen. Für Ihre so freundliche Einladung wegen Wahl der Benennung habe ich innigst zu danken. Der von Ihnen vorgeschlagene mythische Name Proserpina scheint mir sehr geeignet. Was ich aus gerechter Bescheidenheit Herrn de Gasparis abgeschlagen, nehme ich mit mehr Muth im Vaterlande an."

An denselben Astronomen schreibt er am 19. März 1854: „Indem ich Ihnen meinen herzlichsten Glückwunsch erneuere für die letzte Frucht Ihrer angestrengten, durch eigene Sternkarten unterstützten Nachforschungen, habe ich die Freude, Ihnen, theuerster Herr Doctor, ein kleines Geschenk von .... im Namen des Königs zu übermachen. Möge es Ihnen einige Erleichterung in der oft so unheitern Prosa des Lebens gewähren!"

Den Verfasser empfahl Humboldt sehr dringend dem sächsichen Ministerium zu der durch d'Arrest's Abgang erledigten Professur der Astronomie an der Universität Leipzig.

Bessel in Königsberg verschaffte er die Mittel zur Aufstellung des bekannten Heliometers; in einem Briefe an Schumacher vom 20. Jan. 1829 heisst es: „Bessel habe ich wegen seines Baues für den Heliometer endlich mit Geld versorgt.“[1]

Auch in den der Astronomie verwandten Disciplinen gab er fruchtbare Anregungen; er veranlasste u. a. Bessel zur Vergleichung der Masse, zu den Gradmessungsarbeiten in Ostpreussen, die noch jetzt als Musterarbeiten gelten, und auf seine Verwendung hin wurden die zu solchen Arbeiten nöthigen Mittel seitens der Regierung bewilligt.

Selbst in andern Ländern übte Humboldt mittels seiner Verbindungen vielfach belebenden Einfluss aus auf die Entwickelung der praktischen Astronomie. Wo er irgend die ihm so liebgewordene Wissenschaft fördern konnte, hat er keine Mühe und Arbeit gescheut; manches jetzt blühende Institut verdankt ihm seine Entstehung, Vervollständigung oder Verbesserung; seine Empfehlungen haben der Astronomie wesentlichen Nutzen gebracht.

C. Mathematische Geographie.

Wie Humboldt auf seinen Reisen die Geographie im allgemeinen bereicherte, darüber wird in einem spätern Abschnitte berichtet werden; in das Gebiet der **mathematischen Geographie** gehören zunächst die geographischen Ortsbestimmungen, die er in so grosser Menge angestellt hat. Ein Bei-

[1] Ungedruckte Briefe.

sender von seinem Scharfblick und seiner Thätigkeit konnte nicht fremde Länder besuchen, ohne seinen Weg durch eine Reihe geographischer Positionen zu bezeichnen, sein Fuss konnte nicht einen Boden betreten, ohne ihn zu durchforschen und gleichzeitig durch Beobachtungen am Himmel die Lage des Orts, an dem er weilte, aufs genaueste zu ermitteln.

Zu Ende des vorigen Jahrhunderts waren die jetzigen Methoden, geographische Ortsbestimmungen auf Reisen anzustellen, schon fast vollkommen ausgebildet, auch hatte man bereits brauchbare und leicht transportable Instrumente; der Geschicklichkeit und dem Fleiss eines Humboldt genügte kurze Zeit, um sich die Methoden anzueignen und den Gebrauch der Instrumente zu erlernen. Er wandte sich gleich an den kundigsten Berather, an Zach, und kaufte auf dessen Empfehlung, meist aus englischen Werkstätten, mehrere Sextanten, Barometer und Chronometer. In ihrem Gebrauch übte er sich zuerst in Jena, dann schreibt er von da, 14. Mai 1799, er wolle nach Dresden gehen, um dort mit seinem vierzehnzölligen Sextanten unter Leitung Köhler's, des damaligen Inspectors am mathematischen Salon, weitere Uebungsarbeiten vorzunehmen. Mit dem Barometer versehen erstieg er alle „Maulwurfshöhen“ um Jena; schon hier fand er, dass selbst in geringer Entfernung voneinander die Barometer nicht immer gleichmässig steigen und fallen, und dass dadurch grössere Fehler in der Berechnung veranlasst werden könnten als durch die Verschiedenheiten der Temperatur.

Auch auf seinen Ausflügen um Salzburg im Jahre 1798 stellte er viele geographische Ortsbestimmungen an, deren Resultate zum Theil in den „Allgemeinen geographischen Ephemeriden“ veröffentlicht sind, so die Bestimmung der Polhöhe von Salzburg, Berchtesgaden, Reichenhall[1]. Zu gleichem Zweck unternahm er von Dresden aus Fahrten nach Pillnitz, Königstein, Teplitz und Prag.

---

[1] Allgemeine geographische Ephemeriden, I, 357; II, 165.

Nachdem er in Paris diese Uebungen fortgesetzt — gegen Berghaus[1] rühmte er 1851, dass die pariser Astronomen ihm dabei auf die liebenswürdigste Weise, „wie das französischer Brauch ist", entgegengekommen seien[2] — war er bei Antritt der amerikanischen Reise mit den Instrumenten sowol wie mit den Methoden in hinlänglichem Masse vertraut.

Seine Ausrüstung zu der amerikanischen Reise bestand aus folgenden Instrumenten zum Winkel- und Zeitmessen:

einem Ramsden'schen Sextanten von 10 Zoll Radius mit silbernem Limbus, die Nonien auf 20″ getheilt;

einem zwölfzölligen Bird'schen Quadranten mit Libelle und Bleifaden, der Gradbogen doppelt in 90° und 96° getheilt, der Vernier und die Mikrometerschraube 2″ angebend;

einem zweizölligen Snuffboxsextanten von Troughton mit Fernrohr und künstlichem Horizont;

einer Lunette d'épreuve mit einem Köhler'schen Glasmikrometer;

einem dreifüssigen Fernrohr von Dollond und

einem kleinern von Carrochez;

einer Längenuhr von Louis Berthoud;

einem halben Taschenchronometer von Seyffert;

einem Graphometer von Ramsden;

einem künstlichen Horizont von Carrochez nach Zach's Vorschrift, mit einer Libelle, die auf doppelte Secunden getheilt war;

einem Borda'schen zwölfzölligen Reflexionskreis von Lenoir, der jedoch in Spanien zurückgelassen wurde;

einem achtzölligen Theodolit von Hurter, welcher in Frankreich zurückblieb.

Zur Ausführung kleiner Terrainaufnahmen wurden mitgenommen: Taschencompasse, Messketten, Messschnüre, gläserne

---

[1] Briefwechsel Alexander von Humboldt's mit Berghaus, III, 209. 210.

[2] Dass er bis dahin, wie an demselben Orte erzählt wird, mit Ausnahme der allgemeinen astronomischen Wahrheiten, nichts von der Behandlung eines Sextanten mit dem künstlichen Horizont verstanden habe ist wol ein Irrthum.

Etalons u. s. w.; zur Ermittelung meteorologischer Verhältnisse: Barometer, Thermometer, Hygrometer von Deluc und Saussure, Cyanometer u. s. w.

Die Frage, ob die vorstehend aufgeführten Instrumente nach Zahl und Leistungsfähigkeit für eine wissenschaftliche Beobachtungsreise in unbekannte Gegenden genügen, wird man bejahen müssen; denn wenn auch gegenwärtig nicht mehr Bird'sche Quadranten und Borda'sche Kreise verwendet, wenu neben den Sextanten Reflexionskreise empfohlen werden, so leisten diese letztern doch kaum mehr als die damaligen Humboldt'schen Instrumente, sie haben nur den Vortheil grösserer Bequemlichkeit und Haltbarkeit. Und wenn man jetzt den künstlichen Glashorizonten die Quecksilberhorizonte vorzieht, so waren jene, wenn auch etwas weniger genau, doch um so fester und dauerhafter. Jedenfalls sparte Humboldt keine Mühe, die brauchbarsten Instrumente zu erlangen und mitzunehmen. Er schaffte sich von demselben Instrument mehrere Exemplare an, um ein schadhaft gewordenes sofort durch ein anderes ersetzen zu können. Oft beobachtete er mit allen Instrumenten zugleich, um sie gegenseitig durch einander zu prüfen und etwaige an dem einen oder andern wahrgenommene Fehler aufzuheben.

Die Richtigkeit seiner Beobachtungen beweist übrigens, dass für weite naturwissenschaftliche Reisen die Reflexionsinstrumente immer diejenigen sind, welche sich am besten bewähren.

Jedes astronomische Instrument, und wenn es aus den Händen des tüchtigsten Künstlers kommt, bedarf der Untersuchung und Prüfung. Humboldt stellte zu dem Zwecke mit den zur Mitnahme auf die Reise ausgewählten Instrumenten Beobachtungen an Orten an, deren Lage bereits durch Astronomen und mittels grösserer Instrumente bestimmt worden war, und verglich dann seine Resultate mit den von den Astronomen auf andere Art gefundenen. Dieselbe Controle übte er auch nach der Reise aus, um sich zu überzeugen, ob und welche Veränderungen die Instrumente etwa erlitten hätten; so mass er z. B., nach Paris zurückgekehrt, im September und October

1809 mit seinem Ramsden'schen und einem Troughton'schen Sextanten und dem Carrochez'schen Glashorizont die Höhe der Sonne während ihrer Culmination; er fand damit für die Breite von Paris ein Resultat, das bis auf 1,6″ mit der jetzigen Annahme übereinstimmt. Der wahrscheinliche Fehler eines Tagesresultats ist dabei $\pm$ 2″, der einer einzelnen Beobachtung $\pm$ 5″, und der einer doppelten Höhe, die unmittelbar gemessen wurde, $\pm$ 10″. Dieses Ergebniss zeugt nicht nur von der Güte der Humboldt'schen Instrumente, sondern auch von der Geschicklichkeit des Beobachters und erweckt Vertrauen zu den Resultaten der in Amerika von ihm angestellten Beobachtungen. Er selbst freilich gesteht gern ein, dass diese letztern, obwol er es an Sorgfalt und Anstrengung nicht fehlen liess, selten den gleichen Grad von Genauigkeit erreicht haben. „Der Grund liegt", schreibt er, „wol hauptsächlich in der grössern Schwierigkeit von Sternbeobachtungen, in der oft unvollkommenen Nivellirung des Glashorizontes bei Nacht und unter dem Geschwirre stechender Mosquitos, in dem Ablesen des Nonius bei rauchenden Pechfackeln, und in der Unachtsamkeit dessen, der die Zeit gibt. Nie schätzt das Auge besser den Abstand einzelner Secunden als bei Berührung zweier Sonnenränder." Diese konnte er aber deswegen nicht beobachten, weil er am Tage reiste und selten an einem Rastpunkte lange genug halt machte, besonders aber weil die Sonne in den Tropen zur Mittagszeit zu hoch, über 60 Grad, steht, sodass sein nur bis 120 oder 130 Grad gehender Sextant zur Messung der doppelten Sonnenhöhe bei Anwendung des künstlichen Horizontes hier nicht ausreichte.

Um möglichst genaue Resultate zu erhalten, beobachtete er meistens zu verschiedenen malen an demselben Orte, und es ist ihm „immer eine schmerzhafte Empfindung gewesen, einen Ort verlassen zu müssen, an dem er nur eine einzige Nacht beobachten konnte, oder an welchem Culminationen mehrerer Sterne nicht gehörig übereinstimmende Resultate gewährten".

Nicht minder sorgfältig war er in der Aufzeichnung seiner Beobachtungen. Er trug alle ohne Ausnahme in sein Tagebuch ein und fügte nicht nur die kleinsten Umstände, welche auf die grössere oder geringere Genauigkeit von Einfluss sein konnten, Bemerkungen über den Zustand der Luft u. s. w. hinzu, sondern bezeichnete auch das Mass des eigenen Vertrauens zu denselben, immer die Möglichkeit ins Auge fassend, dass er nicht nach Europa zurückkehren und die Aufzeichnungen erst nach seinem Tode veröffentlicht werden möchten.

Einen grossen Theil, etwa zwei Drittel der von ihm notirten Beobachtungen hat er selbst vorläufig noch auf der Reise berechnet; seine Resultate sind in den Briefen niedergelegt, die er aus Amerika an Zach, Lalande u. a. richtete. Nach der Rückkehr gewann er in Oltmanns einen höchst gewissenhaften Rechner, der keine brauchbare Beobachtung unbenutzt liess, sondern mit grosser Umsicht alles anwandte, um die genauesten Werthe zu ermitteln, wobei ihm die Humboldt'schen vorläufigen Rechnungen zur Controle dienten.

Was Oltmanns bearbeitet hat, ist enthalten in der Abtheilung des amerikanischen Reisewerks, welche unter dem Titel: „Astronomischer Theil. Untersuchungen über die Geographie des Neuen Continents" (Paris 1810), in 2 Bänden erschien, und in einem Manuscript Oltmanns': „Conspectus der Längen- und Breitenbestimmungen", das auf der berliner Sternwarte aufbewahrt wird. Diesen handschriftlichen Conspectus, aus welchem ersichtlich, wieviel Ortsbestimmungen Humboldt selbst ausgeführt hat, benutzte Encke zu seiner in den Monatsberichten der berliner Akademie für 1859 gedruckten Abhandlung: „Ueber Alexander von Humboldt's wissenschaftliche Thätigkeit und Verdienste um die Geographie Amerikas." In den ersten acht Abtheilungen desselben werden aufgezählt in der Zeit von

1799 Januar — 1799 Juli	10	Ortsbestimmungen,
1799 Juli — 1799 November	12	„
1799 November — 1800 November	39	„
1800 November — 1801 März	30	„

1801 März — 1802 Januar	40	Ortsbestimmungen,
1802 Januar — 1802 25. December	32	„
1802 25. December — 1803 März	8	„
1803 März — 1804 Februar	30	„

zusammen 201 Ortsbestimmungen, welche Zahl nahezu übereinstimmt mit Humboldt's eigener Angabe, indem er als Frucht seiner Anstrengungen 200 astronomische Ortsbestimmungen und 500 Höhenmessungen in Amerika bezeichnet.

Im ganzen führt der Conspectus, ausser einer Anzahl weniger guter, mit dem Graphometer und einem Astrolabium ermittelter Bestimmungen, die nur als Näherungswerthe oder zur Controle benutzt werden können, 280 Bestimmungen auf, von denen aber 79 aus den Beobachtungen anderer, namentlich Malaspiua's, Vancouver's, Ferrer's, Galiano's, Robredo's u. a. hergeleitet sind. Auch zu jenen 201 Ortsbestimmungen sind zwar fremde Beobachtungen mit benutzt, der bei weitem grössere Theil der dazu verwandten Beobachtungen aber rührt von Humboldt allein her.

Das gedruckte Oltmanns'sche Werk ist nach chronologischer Folge in elf Bücher abgetheilt. Von diesen enthält

das erste die Beobachtungen auf der Hinreise bis Cumana;

das zweite die Beobachtungen auf den Inseln an den Küsten von Cumana, Neu-Andalusien, Tabago, Trinidad, Bocca de Dragos, Cabo de tres Puntas;

das dritte die Beobachtungen in Venezuela und Caracas, auf den Steppen von Calabozo, am Rio Apure, am Orenoco, Atabapo, Rio Negro, Cassiquiare, im Innern der Guayana und der Provinz Nueva Barcelona;

das vierte Untersuchungen über die Geographie der mittelamerikanischen Inseln;

das fünfte die Bestimmung kleinerer Inseln am Ausflusse des Rio Sinu und die Ortsbestimmungen von Cartagena de Indias;

das sechste die Reise von Cartagena de Indias nach Santa-Fé de Bogota, und über Ibague, Popajan, Almaguer und Pasto nach Quito;

das siebente die Untersuchungen über die wahre geographische Lage der Stadt Quito und Beobachtungen in Peru;

das achte Beobachtungen am Südmeer und über die Länge von Guayaquil und Acapulco;

das neunte Untersuchungen über die wahre geographische Lage der Hauptstadt Mexico;

das zehnte Ortsbestimmungen an den östlichen Küsten Neu-Spaniens;

das elfte Beobachtungen an der Nordwestküste Amerikas, von Acapulco bis zum 60. Breitengrade.

Humboldt's Beobachtungen zerfallen in Zeit-, Breiten-, Längen- und Azimuthbestimmungen. Wie fleissig er beobachtet hat, bekundet die grosse Anzahl von Tagen, an welchen Beobachtungen der Sonne und der Gestirne von ihm angestellt wurden. Zu Zeitbestimmungen mass er einzelne Sonnenhöhen im Jahre 1799 an 20 Tagen, 1800 an 50, 1801 an 60, 1802 an 67, 1803 an 55, 1804 an 1 Tage; correspondirende Sonnenhöhen 1799 an 16, 1800 an 21, 1801 an 8, 1802 an 2, 1803 an 3 Tagen.

Sternhöhen wurden beobachtet: von *Sirius* im Jahre 1799 an 2 Tagen, 1800 an 1; von *Fomalhaut* 1799 an 1, 1800 an 1; von *Wega* 1799 an 1; von *Deneb* 1799 an 2; von *α* und *β Centauri* und *Canopus* 1800 an 4, 2 und 1; von *Arctur* 1800 an 1, 1802 an 2, 1803 an 1; von *Antares* 1801 an 1; von *Atair* 1803 an 1 Tage.

Zu Breitenbestimmungen beobachtete er vornehmlich Höhen der Sonne und verschiedener Sterne in der Nähe des Meridians, Circummeridianhöhen, und zwar: von der *Sonne* 1799 an 12, 1800 an 7, 1803 an 2, 1804 an 9; von *Fomalhaut* 1799 an 2, 1801 an 8, 1803 an 3; von *Deneb* 1799 an 1, 1801 an 6, 1802 an 5; von *Canopus* 1800 an 10, 1802 an 3; von *α Crucis* 1800 an 1, 1801 an 6, 1802 an 1, 1803 an 1; von *β Crucis* 1801 an 3; von *α Centauri* 1800 an 2, 1801 an 7, 1802 an 4; von *β Centauri* 1801 an 3, 1803 an 2; von *α Gruis* 1801 an 11, 1803 an 3; von *β Gruis* 1801 an 2, 1803 an 2; von *α Pavonis*

1801 an 2; von *Acharnar* 1801 an 1, 1802 an 5; von *Spica* 1801 an 1; von *Wega* 1801 an 3, 1802 an 13; von *Antares* 1803 an 2; von *Castor* 1802 an 1; von *Capella* 1802 an 2; von *α Ursae majoris* 1803 an 2; von *ε Ursae majoris* 1803 an 2; von *η Ursae majoris* 1803 an 2 Tagen.

Einzelne Sternhöhen wurden gemessen: von *Sirius* 1799 an 3; von *Rigel* 1799 an 1; von *Fomalhaut* 1799 an 1; von *α Crucis* 1800 an 13, 1801 an 1; von *β Crucis* 1801 an 2; von *α Centauri* 1800 an 7, 1801 an 2; von *β Centauri* 1800 an 5, 1801 an 2, von *Canopus* 1800 an 4, von *α Ursae majoris* 1800 an 2; von *β Ursae majoris* 1800 an 1; von *Polaris* 1803 an 1 Tage.

Zu Längenbestimmungen wurde eine Reihe von Monddistanzen gemessen: im Jahre 1800 an 4, 1801 an 1, 1802 an 5, 1803 an 6 Tagen.

Verfinsterungen der Jupitertrabanten wurden beobachtet 1799 an 1, 1800 an 9, 1801 an 7, 1802 an 2, 1803 an 1 Tage.

Die Sonnenfinsterniss am 28. Oct. 1799, die Mondfinsterniss am 21. Sept. 1801, der Mercursdurchgang am 9. Nov. 1802 wurden ebenfalls observirt, und schliesslich noch Azimuthbeobachtungen 1803 am 20. Nov. in Mexico, 1804 am 24. Jan. auf der Pyramide von Cholula, und am 15. Febr. in Xalappa angestellt.

Im	Jahre	1799	beobachtete	Humboldt	an	45	Tagen
"	"	1800	"	"	"	99	"
"	"	1801	"	"	"	102	"
"	"	1802	"	"	"	92	"
"	"	1803	"	"	"	69	"
"	"	1804	"	"	"	10	"

Betrachten wir die Methoden, deren sich Humboldt bei den Beobachtungen bediente, so finden wir, dass er die noch jetzt gebräuchlichsten und zwar die einfachsten und sichersten anwandte.

Die Zeitbestimmungen ermittelte er, ganz den heutigen Principien gemäss, in der Nähe des ersten Verticals und immer,

selbst bei den correspondirenden Höhen, in ziemlich grosser Entfernung der Gestirne vom Meridian. Er erreichte dadurch, dass die Beobachtungsfehler nur gering auf die Zeitbestimmung einwirkten.

Die Breitenbestimmungen wurden durch Circummeridianhöhen und einzelne Sternhöhen in der Nähe des Meridians ermittelt, damit etwaige Beobachtungsfehler die Resultate in möglichst geringem Masse beeinträchtigten. Die Vergleichung einiger an verschiedenen Tagen ermittelten Polhöhen untereinander und, wo es möglich war, mit den Resultaten, die von andern Beobachtern oder von Astronomen mittels besserer und grösserer Instrumente gefunden waren, lässt uns den Grad der Genauigkeit beurtheilen, welchen Humboldt erreichte, sie zeigt uns auch, wie die Lage selbst bedeutender grosser Städte erst durch ihn berichtigt worden ist.

Aus Humboldt's Beobachtungen berechnete Oltmanns die Breite von Valencia in Spanien:

aus Sonnenhöhen, 1799 6. Febr.	39° 28′ 25″
aus Siriushöhen	39° 28′ 20″
aus Sonnenhöhen, 7. Febr.	39° 28′ 59″
im Mittel	39° 28′ 35″.

Das „Annario del Real Observatorio de Madrid“ gibt sie 39° 28′ 28″ an.

Für Cumana findet sich nach Oltmanns' Rechnung die Polhöhe:

aus Sonnenhöhen 1799 24. Oct.	10° 27′ 44″
„ „ „ 25. Oct.	10° 28′ 8″
aus Höhen des Fomalhaut 1800 11. Sept.	10° 27′ 45″
im Mittel	10° 27′ 52″.

Die „Connaissance des temps“ für 1810 hatte 10° 27′ 37″; die damals vorhandenen Karten gaben die Breite abweichend von 9° 52′ bis 10° 28′ an. Eine genauere, spätere Bestimmung als die Humboldt'sche habe ich nirgends finden können.

Für Caracas findet sich nach Humboldt's Beobachtungen die Breite aus Sonnenhöhen:

am 29. Nov. 1799	10° 31′ 13″
am 1. Dec. 1799	10° 30′ 30″
am 5. Dec. 1799	10° 30′ 43″
am 8. Dec. 1799	10° 30′ 47″
am 12. Jan. 1800	10° 31′ 11″
am 19. Jan. 1800	10° 30′ 57″
am 29. Jan. 1800	10° 30′ 51″
im Mittel	10° 30′ 53″.

Für Havana findet sich aus Sonnenhöhen:

1800 24. Dec.	23° 8′ 23″
„ 26. „	23° 8′ 7″
im Mittel	23° 8′ 15″.

Don M. A. di Gumboa fand 23° 9′ 58″, Churucca 23° 8′ 34″

In Santa-Fé de Bogota stand die Sonne in der Nähe des Meridians zu hoch, um noch mit dem Sextanten gemessen werden zu können; Humboldt beobachtete deshalb die Höhen von Sternen und zwar ziemlich vieler, um die Fehler der Declination zu vermindern. Er fand die Breite

1801 9. Juli aus Höhen von	α Centauri	4° 35′ 52″
„ 12. „ „ „ „	α Lyrae	4° 35′ 55″
„ 13. „ „ „ „	α Centauri	4° 34′ 58″
„ 13. „ „ „ „	α Lyrae	4° 35′ 56″
„ 14. „ „ „ „	α Centauri	4° 35′ 20″
„ 20. „ „ „ „	α Lyrae	4° 36′ 8″
„ 20. „ „ „ „	α Cygni	4° 36′ 11″
„ 20. „ „ „ „	α Gruis	4° 35′ 33″
„ 20. „ „ „ „	α Cygni	4° 36′ 0″
„ 21. „ „ „ „	α Gruis	4° 36′ 14″
„ 11. Aug. „ „ „	α Pisc. austr.	4° 35′ 47″
„ 14. „ „ „ „	α Pavonis	4° 35′ 23″
„ 14. „ „ „ „	α Gruis	4° 35′ 9″
	im Mittel	4° 35′ 42″.

Der Astronom Mutis hatte 4° 36′ 0″ gefunden.

Ganz ähnlich und mit gleicher Sorgfalt wurde in Lima

beobachtet; Oltmanns findet aus Humboldt's Beobachtungen die Breite des Klosters San Juan de Dios:

1802	29. Nov.	aus Höhen	der Capella	12° 2′ 22″
„	1. Dec.	„ „	des Acharnar	12° 2′ 55″
„	2. „	„ „	des Acharnar	12° 3′ 1″
„	3. „	„ „	der Capella	12° 2′ 10″
„	3. „	„ „	des Acharnar	12° 2′ 8″
„	4. „	„ „	des Acharnar	12° 2′ 22″
„	15. „	„ „	der Capella	12° 2′ 51″
„	15. „	„ „	des Canopus	12° 3′ 11″
„	16. „	„ „	des Acharnar	12° 2′ 18″
			im Mittel daher	12° 2′ 34″

Don Jorge Juan und Don Antonio de Ulloa hatten mit einem zweifüssigen Quadranten 12° 2′ 36″ gefunden.

Für Acapulco, dem Haupthafen Mexicos, findet sich nach Humboldt die Breite aus α Ursae. majoris, α Crucis und β Centauri 16° 50′ 53″. Die spanischen Astronomen Malaspina's hatten 16° 50′ 41″ gefunden.

Für Mexico ist nach Humboldt's Beobachtungen die Breite

aus Sternhöhen	19° 25′ 30″
aus Sonnenhöhen	19° 26′ 1″
im Mittel	19° 25′ 45″.

Arrowsmith und Buache hatten auf ihrer Karte 1804 noch 19° 57′.

Dass er in Quito, dem Orte, von wo Bouguer, Condamine, Ulloa die bekannte peruanische Gradmessung ausführten, keine Breitenbestimmungen anstellte, „weil seine Instrumente nicht die Genauigkeit geben konnten, welche die genannten Akademiker mit ihren viel grössern Instrumenten erreichten“, ist ein Beweis, wie haushälterisch er mit seiner Zeit, die er nicht mit nutzlosen Arbeiten vergeuden wollte, umging.

Die Längenbestimmungen wurden, sobald von einem sichern, bestimmten Orte ausgegangen werden konnte, und wenn das Reiseziel nicht sehr entfernt lag, somit kein zu bedeutender Fehler durch die Veränderung des Chronometerganges zu befürchten war, mittels Zeitübertragung ausgeführt. Um diese

zu erreichen, wählte Humboldt für die Längen in den verschiedenen Ländern verschiedene Ausgangspunkte, so in Spanien Madrid; in Amerika bestimmte er durch Beobachtung verschiedener Himmelserscheinungen zuerst die Länge von Cumana, Caracas, Havana, Carthagena de Indias, Quito, Lima, Acapulco, Mexico, und schloss dann an diese Punkte die Längenbestimmungen anderer Orte durch Zeitübertragung an.

Um zu zeigen, wie seine Längenbestimmungen untereinander und mit denen anderer Beobachter harmoniren, und wie er die Kenntniss der Länge mehrerer Oerter sehr wesentlich berichtigte, mögen hier einige der von ihm gefundenen Resultate aufgeführt werden.

Er bestimmte durch Zeitübertragung die Länge von Teneriffa (Mole von St.-Croix) zu $1^h\ 14^m\ 12^s{,}3$ von Paris. Die „Connaissance des temps" hat jetzt $1^h\ 14^m\ 21^s$.

Für Cumana findet Oltmanns aus Humboldt's Beobachtungen die Länge westlich von Paris:

aus der Zeitübertragung	$4^h\ 26^m\ 4^s{,}0$
aus Monddistanzen, wobei die Mondörter aus Bürg's Tafeln abgeleitet wurden	$4^h\ 25^m\ 32^s{,}5$
aus der Sonnenfinsterniss am 28. Oct. 1799	$4^h\ 25^m\ 45^s$
aus den Finsternissen der Jupitertrabanten	$4^h\ 26^m\ 6^s$

und da er den Monddistanzen, Humboldt's Anmerkungen zu den Originalbeobachtungen gemäss, kein grosses Vertrauen schenkt und sie ausschliesst, auch das Resultat der Sonnenfinsternissbeobachtung nach den Mond- und Sonnentafeln von Laplace, Zach, Bürg und Delambre zu $4^h\ 25^m\ 56^s$ setzt, so nimmt er die Länge von Cumana zu $4^h\ 26^m\ 0^s$ an, die damals noch nach der „Connaissance des temps pour 1810" vielfach zu $4^h\ 30^m\ 22^s$, also um mehr als 1° zu gross angesetzt wurde.

Die Jupitertrabanten hat Humboldt zwar alle vier beobachtet, sie ergaben, mit Hülfe europäischer gleichzeitiger Beobachtungen und mit Delambre's Tafeln, die Länge

der erste Trabant	$4^h\ 26^m\ 0^s$
„ zweite „	$4^h\ 26^m\ 13^s$

der dritte Trabant $4^h\ 25^m\ 19^s$
„ vierte „ $4^h\ 24^m\ 38^s$

Oltmanns hält sich jedoch nur an die Längen aus dem ersten und zweiten Trabanten, weil die Beobachtungen der andern weniger zahlreich und zuverlässig sind.

Die Länge von Caracas findet Oltmanns nach Humboldt

aus Zeitübertragung	$4^h\ 36^m\ 19^s,6$
aus Monddistanzen	$4^h\ 37^m\ 27^s$
aus Verfinsterungen der Jupitertrabanten	$4^h\ 37^m\ 55^s$
Mittel aus den beiden letzten Bestimmungsarten	$4^h\ 37^m\ 41^s$
Die „Connaissance des temps" hat jetzt	$4^h\ 37^m\ 0^s$

Für San-Carlos, das südlichste Ziel von Humboldt's Reise in Venezuela, beträgt die Länge aus Zeitübertragung $4^h\ 39^m\ 54^s$, die man bis dahin nach Buache's „Carte de Guayana" zu $4^h\ 31^m\ 28^s$, also mehr als 2° geringer angenommen hatte.

Für Havana ergab sich die Länge

aus Humboldt's Zeitübertragung	$5^h\ 38^m\ 40^s$
aus Humboldt's und Galiano's gleichzeitig angestellten Beobachtungen der Jupitertrabanten	$5^h\ 38^m\ 50^s$
Oltmanns setzt mit Hülfe von Beobachtungen anderer, z. B. Robredo's	$5^h\ 38^m\ 49^s$

Espinosa hatte Humboldt $5^h\ 38^m\ 11^s$ angegeben, die „Connaissance des temps" führt jetzt für einen 3^s westlichern Ort, den Morro, $5^h\ 38^m\ 51^s$ auf.

Für Carthagena de Indias gibt Humboldt's Zeitübertragung mit der Havana verglichen $5^h\ 11^m\ 14^s,4$; eine Mondfinsterniss beobachtete er auf der Insel Baru, ganz nahe bei Carthagena, doch schliesst Oltmanns deren Resultate, wegen nicht scharfer Beobachtung der einzelnen Eintritts- und Austrittsmomente, mit Recht aus und setzt aus andern Beobachtungen die Länge $5^h\ 11^m\ 20^s$; die „Connaissance des temps" gibt jetzt $5^h\ 11^m\ 38^s$ an.

Für Santa-Fé de Bogota ergab sich die Länge:

aus Zeitübertragung $5^h\ 6^m\ 26^s$
aus Monddistanzen $5^h\ 6^m\ 6^s$

aus einer in Ibague beobachteten Mondfinsterniss am

21. Sept. 1801 — $5^h\ 6^m\ 17^s$

Oltmanns nimmt an im Mittel — $5^h\ 6^m\ 17^s$

Die Länge von Honda und benachbarter Oerter wurde durch Humboldt's Beobachtungen um 1° 7′ verändert.

Quito findet sich nach ihm westlich von Paris:

aus Monddistanzen	$5^h\ 24^m\ 35^s$
aus Verfinsterungen von Jupitertrabanten	$5^h\ 24^m\ 16^s$ $5^h\ 23^m\ 30^s$ $5^h\ 25^m\ 7^s$
Oltmanns nimmt an	$5^h\ 24^m\ 22^s$

Die Beobachtungen von Ulloa, Bouguer und Condamine harmoniren untereinander nicht besser und geben im Mittel bis auf 2^s dasselbe Resultat.

Für Lima findet sich bei Humboldt die Länge

aus Zeitübertragung	$5^h\ 17^m\ 33^s$
aus guten Monddistanzen	$5^h\ 17^m\ 30^s$
aus dem Mercurdurchgang, der in Callao, 27^s östlich von Lima, beobachtet wurde	$5^h\ 17^m\ 51^s$

Dies letztere Resultat, welches nur 10^s kleiner als Malaspina's Länge ist, nimmt Oltmanns an.

Dasselbe Phänomen beobachtete im Jahre 1842 der Consul Schulz in Callao, und als Humboldt davon hörte, ersuchte er sofort Galle, aus dessen Beobachtungen die Länge zu berechnen. Galle fand für Callao $5^h\ 18^m\ 13^s,7$, also nur $4^s,3$ weniger als Humboldt's Beobachtung ergab, und wohl konnte Humboldt mit dieser Uebereinstimmung zufrieden sein, da bei der langsamen Bewegung des Mercur vor der Sonnenscheibe die Ein- und Austritte dieses Planeten noch in neuester Zeit von sachkundigen Astronomen um mehr als 10 Secunden verschieden gefunden werden.

Wichtig war die Bestimmung der Länge von Acapulco, dem schönen Hafen Mexicos am Stillen Ocean. Oltmanns fand dafür aus den besten Beobachtungen der spanischen Astronomen $6^h\ 48^m\ 50^s,5$; Humboldt's Monddistanzen ergaben $6^h\ 48^m\ 25^s,9$, und Oltmanns hält das Mittel $6^h\ 48^m\ 38^s$ für das sicherste Resultat.

Einen wesentlichen Beitrag lieferten Humboldt's Beobachtungen auch zur Bestimmung der Lage von Mexico und Veracruz. Beide Oerter waren auf den besten Karten sehr verschieden angegeben. Oltmanns findet die Lage von Mexico nach Humboldt

aus Zeitübertragung von Acapulco	$6^h\ 45^m\ 42^s{,}8$
aus Verfinsterungen der Jupitertrabanten	$6^h\ 45^m\ 30^s$
aus Monddistanzen	$6^h\ 45^m\ 50^s$
aus Azimuth- und Höhenmessungen	$6^h\ 45^m\ 37^s{,}3$
Mittel	$6^h\ 45^m\ 40^s$

und setzt mit Zuziehung anderer Beobachtungen $6^h\ 45^m\ 42^s$. Durch Humboldt's Beobachtungen ward dadurch die Länge von Mexico um mehrere Grad westlicher bestimmt, als sie auf den Karten damals angenommen wurde.

Für Veracruz berechnet Oltmanns aus Humboldt's Azimuth- und Höhenbeobachtungen die Länge $6^h\ 44^m\ 0^s{,}7$; mit Zuziehung von Ferrer's Beobachtungen nimmt er $6^h\ 43^m\ 56^s$ an.

Das von Zach im „Berliner Jahrbuch für 1793" zu Ortsbestimmungen vorgeschlagene und von Humboldt zwischen Mexico und Veracruz angewandte Verfahren war folgendes: Er beobachtete an einem Orte den Abstand der Sonne in der Nähe des Horizontes von einer sichtbaren Bergspitze, und bestimmte die scheinbaren Höhenwinkel dieser Spitze über dem Horizont. Aus der Distanz und Höhe lässt sich dann in Verbindung mit der Zeit das Azimuth berechnen, und wenn die Höhendifferenz durch das Barometer oder auf andere Art bekannt ist, auch die Entfernung. Er ging so mit Bestimmungen von Azimuthwinkeln und von Zenithdistanzen weiter von Ort zu Ort; in Mexico mass er das Azimuth des Popocatepetl und des Itztaccihuatl, auf der Pyramide von Cholula das Azimuth des Popocatepetl und des Pics von Orizava, und in Veracruz hatte bereits Ferrer das Azimuth dieses letztern Berges bestimmt. Diese Methode ist eine eigenthümliche, und wenn ihre Resultate auch wegen der Summirung einer vielleicht grossen Reihe von Fehlern nicht genauer sind als manche directen astronomischen Bestimmungen, so sieht

man doch hieraus, dass Humboldt selbst mit neuen Verfahrungsarten praktische Versuche gemacht hat.

Unter den von ihm angewandten Methoden zur Längenbestimmung ist die, welche auf Beobachtung der Verfinsterungen der Jupitertrabanten beruht, gegenwärtig weniger im Gebrauch. Der Grund liegt darin, dass die Verfinsterungen nicht mit derjenigen Schärfe beobachtet werden können, mit der man jetzt andere Himmelserscheinungen, z. B. Sternbedeckungen, zu beobachten vermag; auch sind unsere Uhren jetzt wesentlich besser, sodass durch Zeitübertragungen eine viel grössere Genauigkeit als früher erreicht werden kann. Zu Humboldt's Zeit gehörte aber die Bestimmung der Länge mittels Beobachtung der Verfinsterungen der Jupitertrabanten noch in das Bereich der brauchbarsten Methoden, und es ist nicht zu leugnen, dass sie, wie aus der Uebereinstimmung der Resultate hervorgeht, sehr oft eine grössere Genauigkeit liefert als die Beobachtung der Monddistanzen.

Die Mehrzahl der von Humboldt bestimmten Ortslagen ist seitdem noch nicht wieder astronomisch bestimmt worden. In jenen südamerikanischen Republiken, die fortwährend von Parteikämpfen, von durch Unwissenheit und Selbstsucht genährten Revolutionen heimgesucht sind, hat die Wissenschaft bisjetzt nicht festen Fuss fassen können. Humboldt's Bestimmungen werden daher immer noch, nach mehr als siebzig Jahren, als die einzigen oder genauesten in nautischen Büchern sowol wie in astronomischen Tabellen angegeben: gewiss der schönste und wohlverdiente Lohn, den seine Beobachtungen dem fleissigen Forscher eintragen konnten.

Wenn dabei Humboldt noch die grosse Bescheidenheit hat, unparteiischen Richtern das Urtheil über die Fehler anheimzustellen, welche durch Unkunde, Nachlässigkeit oder Ermüdung des Beobachters, durch mangelhafte Construction der Instrumente oder durch störende Einflüsse von Localverhältnissen veranlasst sein möchten, wenn er alle irgendwie in Betracht kommenden Details der Beobachtung sorgfältig angibt, so kann dies alles künftigen Reisenden nicht genug zur Nachahmung

empfohlen werden. In der Gewissenhaftigkeit und dem immensen Fleisse, womit er bei geographischen Ortsbestimmungen zu Werke ging, ist und bleibt er für immer ein glänzendes Vorbild.

Im Vergleich zu der amerikanischen war seine asiatische Reise nur ein kleiner Ausflug. Die Instrumente, welche er auf letzterer mit sich führte, waren die zwei schon erwähnten Sextanten von Ramsden und von Troughton, deren erster ihn auch nach Amerika begleitet hatte, ferner ein von Schumacher geliehenes gutes Chronometer von Earnshaw Nr. 464. Ein Kessels'sches Chronometer in goldenem Gehäuse, das ihm König Friedrich VI. von Dänemark schenkte, war noch nicht vollendet.

Das Princip, nach welchem er in Sibirien die Ortsbestimmungen anstellte, war dasselbe wie auf der amerikanischen Reise. Die Zeiten wurden durch Sonnenhöhen in der Nähe des Verticals, die Breiten durch Circummeridianhöhen der Sonne und der Sterne α Aurigae und α Lyrae, die Längen durch Zeitübertragung mit dem Chronometer, durch Distanzen zwischen Mond und Sonne, Mond und α Aquilae, Mond und Jupiter bestimmt. Als Ausgangspunkt für die Längen galten die Sternwarte in Kasan, Tobolsk, Orenburg, Astrachan, Jekatherinenburg, an welchen Orten bereits von Chappe und Wiesniewski astronomische Beobachtungen gemacht waren; er selbst bestimmte durch Monddistanzen Schlangenberg, Semipalatinsk, Miask.

Nach seiner Rückkehr haben Oltmanns und Encke aus den von ihm gesammelten Beobachtungen die Resultate gezogen. Diese Bestimmungen sind für mehrere Orte noch immer die einzigen, welche wir haben; für andere sind durch Struve und seine Schüler nene gefunden worden. Eine Vergleichung der Breiten und Längen aus den Humboldt'schen Messungen mit den Daten späterer Beobachter, wie Fedorow, Lemm u. a., bezeugt auch wieder die unermüdliche Sorgfalt und die grosse Geschicklichkeit, welche den sechzigjährigen Forscher in Asien ebenso wie den dreissigjährigen in Amerika auszeichneten.

Von den Gegenden, welche Humboldt bereist hat, gibt er in seinen grossen Reisewerken genaue Karten, die er theils

selbst aufnahm, theils nach vorhandenen entwarf, letztere nach seinen Ortsbestimmungen und seinen sonstigen Beobachtungen wesentlich verhessernd. In dem Texte zu diesen Karten sind auch die Flächeninhalte der Länder angegeben, und die betreffenden Zahlen sind nicht minder wie seine Ortsbestimmungen in viele geographische Werke übergegangen: ein Beweis, welches Vertrauen man in die Zuverlässigkeit aller seiner Mittheilungen zu setzen gewohnt ist. Er selbst wusste freilich, dass seine Angaben nur Näherungswerthe seien, die immer noch genauerer Prüfung und Feststellung bedürfen; aber ebenso war er überzeugt, dass grosse Fehler nicht darin vorkommen könnten, und es berührte ihn schmerzlich, wenn die von ihm veröffentlichten Zahlen angezweifelt und als unrichtig bezeichnet wurden. So geschah es z. B. mit seinen Angaben über den Flächeninhalt von Mexico. Er schrieb im Jahre 1857 an den Verfasser dieses Abschnitts, in dem Werke des Freiherrn E. C. H. von Richthofen, „Die äussern und innern politischen Zustände der Republik Mexico", S. 11, werde behauptet, dass er, unbeschadet der Richtigkeit seiner grossen Karte, den Flächeninhalt von Mexico irrthümlicherweise um die Hälfte zu gross angegeben habe. Er bitte, die Sache zu untersuchen, und schicke zu dem Zwecke den Atlas mit. Dann fügt er hinzu: „Wenn Sie S. 1—187 meiner Analyse «De la Nouvelle Espagne» durchblättern, werden Sie sich überzeugen, dass Sorgfalt und numerischer Fleiss in meinen mexicanischen Arbeiten herrschen." Wie die Untersuchung ergab, beruhte die Differenz zwischen Humboldt's Angaben und denen des Don Lucas Alaman in seiner „Historia de Mexico" auf dem Umstande, dass Humboldt die Provinzen Neucalifornien, Neumexico und Texas mit einbegriffen hatte, während Don Alaman diese Territorien nicht in Rechnung zog. In einem Aufsatze in den berliner „Monatsberichten" hat Humboldt die Angelegenheit ausführlich besprochen.

Die Wichtigkeit genauer geographischer Ortsbestimmungen hob er bei jeder Gelegenheit hervor. Allen Reisenden, die sich Instructionen von ihm erbaten, empfahl er sie als erste Grund-

lage der Erdbeschreibuug; leider sind seine Rathschläge nicht immer genügend beherzigt worden. Diese Versäumniss beklagend, spricht er sich in dem Briefwechsel mit Berghaus über die Barth'sche Reise in Afrika folgendermassen aus[1]: „Schade, ewig schade, dass Barth von der ersten Grundlage aller Erdbeschreibung, von der Ortsbestimmung, nichts versteht. Durch diesen Mangel erleidet die Geographie von Centralafrika grosse Einbusse an positiven Thatsachen .... Barth hätte meinem Beispiele folgen sollen. An Encke und dessen astronomischem Generalstabe hätte er die bereitwilligsten Lehrmeister gefunden..... Bei dem Mangel aller Ortsbestimmung schweben Barth's Reiserouten, sobald Overweg sich von ihm trennt, rein in der Luft..... Ich bin weit entfernt, Barth's Verdienste zu verkennen, dennoch muss ich seinem Gefährten Overweg darum den Preis einräumen, weil er es versteht, den Ort, wo er sich eben befindet, nach der Entfernung vom Aequator und von irgendeinem als fest angenommenen Mittagskreise zu bestimmen. Bei Barth fällt dies leider aus!"

Wie Humboldt die mathematische Geographie durch zahlreiche barometrische Höhenmessungen in Amerika und Asien bereichert, welche grossen Verdienste er sich durch die graphischen Darstelluugen, die Höhenquerschnitte, die erste zuverlässige Ermittelung der mittlern Höhe der Continente erworben hat, wird in dem Abschnitte über Geographie mitgetheilt werden.

Auch an den mathematisch-geographischen Ermittelungen anderer nahm Humboldt das grösste Interesse. Er unterstützte in jeder Weise nicht allein die Gradmessungsarbeiten Bessel's, wie schon erwähnt, sondern auch die Pendelbeobachtungen in Königsberg und in Berlin, und infolge der letztern veranlasste er, dass ein trigonometrisches Nivellement zwischen der Ostsee und Berlin, dessen Höhenangabe zwischen 54,9 und 107,6 Fuss

[1] Briefwechsel Alexander von Humboldt's mit Heinrich Berghaus in den Jahren 1825—58, III, 209.

schwankte, aufgenommen wurde, womit General von Krauseneck den damaligen Major Baeyer betraute.[1] Das Resultat ergab die Höhe der Plattform der berliner Sternwarte zu 141 pariser Fuss.

Bessel erwähnt auch, dass Humboldt in Paris an der Bestimmung der Pendellänge durch Arago persönlich theilgenommen habe.

Nicht minder lebhaftes Interesse zeigte er für die Bewegungen des Meeres durch Ebbe und Flut. Als ihm vom grossherzoglich mecklenburgischen statistischen Bureau eine Arbeit mitgetheilt wurde, worin die Existenz von Ebbe und Flut in der Ostsee nachgewiesen wird, schrieb er an das Bureau: „Es hat sich in diesem scharfsinnigen Beweise der Wahrnehmbarkeit von Ebbe und Flut in der Ostsee von neuem die Macht der Mittelwerthe gezeigt. Ich werde es mir zur Pflicht machen, mit allem, was in meinen schwachen Kräften liegt, zu der Vervielfältigung der Beobachtungen in den Häfen der preussischen Küsten beizutragen, um für ein so verdienstliches wissenschaftliches Unternehmen, das, längst erwünscht, in den grossherzoglich mecklenburgischen Staaten zuerst ausgeführt worden ist, Mitarbeiter zu finden.“

Auch in seinen historischen Arbeiten widmet er der mathematischen Geographie ganz besondere Aufmerksamkeit; in den unvollendet gebliebenen „Kritischen Untersuchungen über die historische Entwickelung der Geographie von der Neuen Welt“ ist er auf das gründlichste nachzuweisen bemüht, wann das Bedürfniss nach geographischen Ortsbestimmungen entstanden, wann die ersten Spuren der jetzigen Methoden wahrzunehmen sind. Dass die Königin von Spanien Columbus bei dessen zweiter Reise aufforderte, einen Astronomen mitzunehmen, beweist ihm, wie man damals gewohnt war, bei Entdeckungsfahrten einen Astronomen oder Kosmographen den praktischen Steuermännern an die Seite zu setzen, ohne Zweifel weil der Gebrauch des Astrolabiums und des Kreisquadranten sowie

[1] Astronomische Nachrichten, XIV, 66.

die Rechnungen nach den Tafeln des Regiomontanus in der Marine noch ganz neu waren. Er entdeckt in den Reisebeschreibungen jener Zeit die Spuren der verschiedenen Methoden zur Längenbestimmung, welche mit den heutigen fast identisch sind, weist aber nach, dass die praktische Anwendung derselben, obwol mit äusserster Mühe und Sorgfalt versucht, wegen Unvollkommenheit der zur Messung der Zeit- und Winkelabstände erforderlichen Instrumente, noch als unmöglich erschienen sei.

So arbeitete Humboldt überall mit Eifer und Erfolg auf dem Gebiete der mathematischen Geographie. Sein Wirken in Amerika ist noch von niemand übertroffen worden, und so — um mit seinen eigenen Worten zu reden — „so gebührt ihm der Preis.“

2.

Erdmagnetismus.

Einzelne physikalische und chemische Forschungen.

Von

Gustav Wiedemann.

A. Erdmagnetismus.

Schon im 13. Jahrhundert wusste man in Europa, dass eine auf Wasser schwimmende oder auf einer Spitze frei schwebende horizontale Magnetnadel nicht genau von Nord nach Süd weist, sondern um einen bestimmten Winkel, den Winkel der „Variation" oder Declination, von der Richtung des Meridians abweicht. Man erkannte bald, dass diese Abweichung an verschiedenen Stellen verschieden war und somit den Seefahrern zur Orientirung auf ihren Reisen dienen konnte. Die Declinationen wurden auf Landkarten verzeichnet und die Orte gleicher Declination durch Linien verbunden, die nach dem Vorgang von Halley zuerst mit dem Namen „Tractus chalyboelitici", später nach Alexander von Humboldt als „isogonische Linien" bezeichnet wurden. Bei genauerer Forschung hatte sich auch ergeben, dass die Declination an demselben Orte theils von Stunde zu Stunde in regelmässigem Wechsel sich ändert, theils unter besondern Einflüssen, wie beim Erscheinen eines Nordlichts, plötzlichen Schwankungen unterworfen ist.

Man hatte ferner schon im Jahre 1576 erkannt, dass eine in ihrem Schwerpunkt unterstützte Magnetnadel, die sich in einer, durch die Richtung der horizontalen Declinationsnadel gelegten Verticalebene, in der Ebene des sogenannten „magnetischen Meridians“, frei bewegen kann, mit ihrem nach Norden weisenden Ende um einen bestimmten Winkel, den Winkel der „Inclination“, abwärts unter den Horizont sinkt. Man hatte, gestützt auf die Beobachtungen der Seefahrer, auch die Veränderungen der Inclination an verschiedenen Orten der Erde auf Karten eingetragen, und so die ersten Versuche gemacht, die von Humboldt „Isoklinen“ genannten Curven auf der Erdoberfläche zu verzeichnen. Namentlich die Linie ohne Inclination, der sogenannte „magnetische Aequator“, welcher den Erdäquator an zwei Punkten schneidet, hatte die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich gezogen, und man hatte besondere Erwartungen auf die Entdeckung der magnetischen Pole, d. h. der Punkte der Erdoberfläche gesetzt, bei denen die Inclinationsnadel sich vertical stellen würde. Aus der Configuration der magnetischen Curven hatte Halley geschlossen, dass je zwei solcher Pole, ein schwächerer und ein stärkerer, auf jeder Erdhalbkugel sich fänden, und somit die Erde selbst sich wie ein zweifacher Magnet verhielte.

Endlich hatte man schon im 17. Jahrhundert dieselbe Magnetnadel an verschiedenen Orten der Erde schwingen lassen, aus der grössern oder geringern Schnelligkeit ihrer Oscillationen die Stärke der Kraft berechnet, mit der die Erde die Magnetnadel richtet, und auf diese Weise die sogenannte „Intensität des Erdmagnetismus“ gemessen. Die meisten dieser frühern Beobachtungen waren indess mit sehr mangelhaften Hülfsmitteln angestellt. Vorzüglich die Bestimmungen der Inclination und der Intensität, welche die Anwendung sehr sorgfältig construirter Apparate erfordern, besitzen nur eine sehr geringe Zuverlässigkeit. Es fehlte noch die wissenschaftliche Grundlage, von der aus man die wahre Bedeutung der beobachteten Thatsachen erkennen konnte.

Da begann mit Ende des vorigen Jahrhunderts jene glänzende Epoche in der Physik und Chemie, in der die vorher nur in einzelnen Andeutungen beobachteten Erscheinungen und die früher mehr geahnten als bewiesenen Gesetze durch höchst sorgfältige und sinnreiche quantitative Versuche dem Masse nach festgestellt wurden. Namentlich eine Anzahl französischer Forscher vereinte hierbei mit glänzendem Erfolg grosse mathematische Schärfe in der Fragstellung mit ungewöhnlichem experimentellem Geschick und strenger Kritik des Werthes und der wirklichen Bedeutung der einzelnen Beobachtungsresultate. Einer dieser hervorragenden Männer, Charles Augustin Coulomb, stellte sich die Erforschung der Gesetze der Elektricität und des Magnetismus zur Aufgabe und löste sie mit seltenem Geschick bis zu einem unerwartet hohen Grade. Er bestätigte das schon früher nur unvollkommen bewiesene Gesetz, dass die Pole der Magnete sich, wie die Himmelskörper, nach dem Verhältniss des umgekehrten Quadrates ihrer Entfernung anziehen, und zeigte, dass die Kraft, mit welcher die Erde eine Magnetnadel antreibt, unabhängig von ihrer Einstellung, immer in gleicher Stärke in der Richtung des magnetischen Meridians auf dieselben Punkte der Nadel, ihre Pole wirkt. Er bewies endlich, dass jeder Magnet durch Theilung in unendlich viele kleine Elementarmagnete zerlegt werden kann, und schuf hierdurch eine Basis für die mathematische Berechnung der Vertheilung des Magnetismus in den Körpern, in Stahl und Eisenstäben sowol als auch in der Erde.

Es konnte nicht ausbleiben, dass diese durch das Experiment erhaltenen Resultate eine neue Anregung für die exacte Behandlung der Beobachtungen in dem Gebiete des Erdmagnetismus gaben. Ein Mitglied des für geodätische Arbeiten im weitesten Sinne des Wortes errichteten Bureau des longitudes, Chevalier Borda, liess in Folge dessen von dem geschickten Mechaniker Lenoir vortreffliche Instrumente, namentlich zur Bestimmung der Inclination und Intensität des Erdmagnetismus construiren und rüstete mit denselben mehrere Reisende aus,

so Lamanon, den wissenschaftlichen Begleiter der in die Südsee gesendeten Expedition von Lapeyrouse, sowie auch den zur Aufsuchung desselben nachgeschickten Admiral d'Entrecasteaux, und endlich den nach dem Archipel der Sundainseln segelnden Admiral du Rossel.

Auch Alexander von Humboldt, der schon früher in Augsburg und dann in Paris mit einer Reihe von Physikern einige magnetische Declinationsbestimmungen gemacht hatte, wurde in Paris vor dem Antritt seiner amerikanischen Reise von Borda zur Anstellung magnetischer Beobachtungen ermuntert und ergriff diese Aufforderung mit ganz besonderm Eifer. In der That hätte Borda keinen gewissenhaftern und sorgfältigern Beobachter finden können als Humboldt, der jede einmal unternommene Arbeit mit ganzer Seele erfasste und unermüdet zu Ende zu führen suchte, und der sich, wie er selbst sagt, die Aufgabe gestellt hatte, die Geschichte der Natur nicht mit der Geschichte seiner Meinungen zu vermengen.[1] Borda ahnte wol nicht, wie nachhaltige Folgen seine Anregung haben würde, und dass Humboldt während seines ganzen Lebens die Erforschung der Gesetze des Erdmagnetismus als eine seiner Hauptaufgaben betrachten würde.

Von seiten des Bureau des longitudes wurde auf Veranlassung Borda's Alexander von Humboldt ein ganz ähnlicher Inclinationscompass zur Verfügung gestellt, wie den obenerwähnten Expeditionen. Es bestand dieses Instrument aus einem horizontalen getheilten Kreise von 0,5^m Durchmesser, auf dem sich ein verticaler getheilter Kreis drehen liess, in welchem auf einer horizontal liegenden Stahlaxe eine 0,3^m lange Magnetnadel schwebte. Mit einer Lupe konnte die Stellung der Nadel in dem Kreise bis auf 2,7 Minuten genau abgelesen werden. Das Instrument war so vortrefflich gearbeitet, dass Borda es für das erste hielt, welches wirklich sichere Einstellungen zu-

[1] *Humboldt*, Gren's Journal (1792), V, 195.

liess und somit richtige Inclinationsangaben gestattete.[1] Auf der Seereise wurde dieser Apparat in zwei concentrischen, nach allen Richtungen frei beweglichen Ringen an einem langen Faden in der Nähe des Hintertheils des Schiffes aufgehängt, wo verhältnissmässig nur geringe Eisenmassen auf die Nadel wirken konnten.

Alexander von Humboldt stellte sich die besondere Aufgabe, mit diesem Instrument neben der Bestimmung der Inclination an verschiedenen Orten „das Gesetz der veränderlichen Intensität der magnetischen Kräfte in verschiedenen Abständen vom magnetischen Aequator zu entdecken."

Zur Bestimmung der Inclination wurde der Verticalkreis des Instrumentes mit der darin befindlichen Nadel so lange gedreht, bis die Nadel mit ihrem Nordpol am wenigsten unter den Horizont sank; oder es wurde der Verticalkreis so eingestellt, dass die Nadel genau vertical stand, und dann um 90° um seine verticale Axe gedreht. Auch konnte Humboldt durch eine, mit zwei Dioptern versehene horizontale, 12 Zoll lange, und an einem ungedrehten Faden aufgehängte Magnetnadel[2] auf einen entfernten Punkt visiren und so die Richtung des magnetischen Meridians fixiren und nun den Verticalkreis mit der Inclinationsnadel an dieselbe Stelle bringen und ihn daselbst so lange drehen, bis er durch zwei an dem Kreise angebrachte Diopteru den Punkt wieder erblickte. In allen Fällen befand sich dann der Verticalkreis mit der Nadel in der Ebene des magnetischen Meridians, und die Neigung gegen den Horizont ergab direct die Inclination.

Auch konnte man den Verticalkreis so weit nach Ost und West von dem annähernd bestimmten magnetischen Meridian

[1] Brief von Humboldt in *Zach's* Ephemeriden (August 1799), S. 146—61. — *Gilbert's* Annalen (1800), IV, 448. — Relation historique, I, 258. 517. — Deutsche Ausgabe von *Humboldt's* Reisen in die Aequinoctialgegenden, I, 390.

[2] *Humboldt*, Revue (deutsche Ausgabe), I, 77. — *Gren's* Journal, a. a. O.

aus herumdrehen, dass in beiden Fällen die Nadel gleiche Senkung unter den Horizont zeigte. Bestimmt man die letztere und den Winkel zwischen den zwei entsprechenden Lagen des Verticalkreises, so kann hieraus leicht die wirkliche Neigung der Nadel im magnetischen Meridian berechnet werden.

Die Uebereinstimmung der an demselben Orte nach den verschiedenen Methoden, namentlich den beiden ersten, erhaltenen Werthe der Inclination ergab, dass die Nadel sehr genau in ihrem Schwerpunkt unterstützt war; ein Resultat, dessen man sich auch noch vergewissern konnte, indem man durch entgegengesetztes Magnetisiren die Pole der Nadel umkehrte; die Neigung ihres Nordpols unter den Horizont blieb fast völlig unverändert. — Humboldt bewahrte die zwei, dem Instrumente beigegebenen Nadeln in unverändertem Zustande während seiner ganzen Reise und versetzte sie in Schwingungen, sobald sie mit dem Verticalkreis in die Ebene des magnetischen Meridians gebracht waren. Die Zahl dieser Schwingungen wurde gezählt, während ein Begleiter zugleich die Zeit an einem Chronometer ablas. Es ergab sich hieraus die Zeitdauer einer Schwingung mit einer so grossen Genauigkeit, dass der Fehler höchstens 0,2 Procent betrug. Aus derselben konnte die relative Intensität der die Nadel beschleunigenden magnetischen Kraft an den verschiedenen Beobachtungsorten berechnet werden, vorausgesetzt, dass der Magnetismus der Nadel selbst während der Dauer der Reise völlig unveränderlich geblieben war. Humboldt hielt sich zu dieser Annahme berechtigt, da namentlich die eine Nadel vor der Reise sehr sorgfältig magnetisirt und stets in Papier eingewickelt, vor Feuchtigkeit geschützt aufbewahrt worden war, so dass, als sie zuletzt in Mexico verblieb, ihre Oberfläche völlig unverändert erschien.[1] Auf diese Weise hat Humboldt mannichfache (im Ganzen 124) Bestimmungen[2] der

[1] Voyages, a. a. O. (deutsche Ausgabe), I, 387.

[2] Zusammengesetzt in „Reisen" (deutsche Ausgabe), VI, 200 und *Poggendorff's* Annalen (1829), XV, 329 (Vorlesung in der k. Berliner Akademie der Wissenschaften, 1829, 2. April).

Inclination und Intensität auf seiner ganzen Reise zwischen den Jahren 1798 und 1804, oft unter den schwierigsten Umständen angestellt. Die Beobachtungsorte waren auf über 115 Längegrade vertheilt und zwischen dem 52° nördlicher und dem 12° südlicher Breite enthalten; sie liegen theils in Frankreich und Spanien, theils auf dem Atlantischen Ocean und den Canarischen Inseln, in Neu-Andalusien, Venezuela, Varinas, in spanisch Guyana, Neu-Barcelona, auf der Insel Cuba, in Neu-Granada, Popayan, Pasto, Quito, Peru, Bracamoros, Mexico und endlich im Südmeer. Stets wurde genau die geographische Lage des Orts nach Länge und Breite, sowie namentlich auch seine Höhe über dem Meere, seine Lage an dieser oder jener Stelle des Gebirges bestimmt, und besonders auch der Charakter des umliegenden Gesteines berücksichtigt, welches etwa besondere magnetische Eigenschaften besitzen und so örtlich auf die Magnetnadel wirken konnte. An vielen Orten hat Humboldt zugleich die Declination einer horizontal schwingenden Magnetnadel mittels einer Declinationsbussole von Lenoir gemessen, welche directe Ablesungen bis zu zwei Minuten gestattete [1].

Durch die Bestimmungen der Inclination verfolgte Humboldt zunächst den Lauf der isoklinischen Linien. Er machte auf die grosse praktische Wichtigkeit dieser Messungen aufmerksam, da die Beobachtung der Inclination in gewissen Gegenden, wie auf dem stets von Nebel getrübten Meere an den Küsten von Chile und Peru, dem Seefahrer als sicherer Wegweiser dienen könnte. Es gelang ihm auch, einen Ort des magnetischen Aequators zu erreichen, in welchem die Inclinationsnadel horizontal stand, und zwar bei 7° 2′ südl. Br. und 81° 8′ westl. L. zwischen Micuipampa und Caxamarca, einer Stadt, welche in einer Höhe von 1500 Toisen (2928^{m}) über dem Meere am Fusse des silberreichen Cerro de Gualgayos liegt. [2] Die Intensitätsbeobachtungen gestatteten Humboldt einen

[1] Reisen (deutsche Ausgabe), I, 76.

[2] Vogayes, III, 622. — Reisen (deutsche Ausgabe), IV, 346.

tiefern Einblick in die Richtung der Linien, welche die Orte der Erde verbinden, an denen die Intensität des Erdmagnetismus die gleiche ist. Er nannte diese Linien „isodynamische Linien“ und versuchte zuerst eine Karte derselben zu entwerfen und die Neigungswinkel zu bestimmen, in welchen sie den Erdäquator schneiden. Es gelang Humboldt, die wichtige Thatsache festzustellen, dass die Intensität des Erdmagnetismus von den magnetischen Polen an bis zu dem magnetischen Aequator nicht zunimmt, wie früher von Lord Mulgrave und Cavendish behauptet hatten, sondern im Gegentheil abnimmt. Die scheinbar dem widersprechende Erscheinung, dass in der Havana, also bei 23° 8′ nördl. Br., die Inclinationsnadel in 10 Minuten 246 Oscillationen macht, also schneller schwingt, als in Paris bei 48° 50′ nördl. Br., wo sie nur 245 Oscillationen in derselben Zeit vollbringt, erklärt sich leicht daraus, dass ersterer Ort zwar vom Nordpol der Erde entfernter ist als Paris, dafür aber dem nördlichen Magnetpol der Erde (60° nördl. Br., 28° 20′ westl. L.) näher liegt als dieses.[1]

Es ist freilich nicht zu leugnen, dass schon vor den Reisen von Humboldt Bestimmungen der erdmagnetischen Intensität existirten, aus denen dasselbe Resultat abzuleiten ist. Schon in den Jahren 1785—1787 hatte Lamanon auf der Expedition von Lapeyrouse derartige Messungen gemacht und Condorcet mitgetheilt, die aber ganz in Vergessenheit gerathen waren. Ebenso hatte der Admiral du Rossel[2] zwischen den Jahren 1791—94 sechs ähnliche Beobachtungen angestellt, dieselben indess Biot erst mitgetheilt, nachdem schon Humboldt mit Biot am 26. Frimaire des Jahres XIII sein Gesetz der veränderlichen Intensität der Akademie vorgelegt hatte. Veröffentlicht wurden endlich die Resultate von du Rossel im Verein mit denen von Lamanon erst im Jahre 1808 durch du Rossel selbst bei Gelegenheit der

[1] Essai politique sur l'île de Cuba, I, 38.

[2] Voyage d'Entrecasteaux; vgl. auch *Gilbert's* Annalen (1808), XXX, 161 und *Zach's* Monatliche Correspondenz.

Herausgabe der Reise von d'Entrecasteaux, so dass Humboldt unbedingt die volle Selbständigkeit und das ganze Verdienst der Auffindung jenes wichtigen Verhältnisses zukommt.

Er selbst legte seiner Entdeckung bis in sein hohes Alter einen besonderen Werth bei und empfand mit voller Berechtigung die Versuche, ihm die Priorität derselben streitig zu machen, als einen Eingriff in seine Rechte. So sagt er in einem Briefe an Gauss[1], dass du Rossel nie den Werth seiner Beobachtungen erkannt habe, sondern dass erst durch ihn auf die Bedeutung derselben aufmerksam gemacht worden sei. Bei Gelegenheit einer Aeusserung von Sabine, der dem Admiral du Rossel ebenfalls die Priorität der Entdeckung des von Humboldt aufgefundenen Gesetzes zuschieben wollte, bemerkte er auf einem, scherzhafterweise „les Jérémiades peu philosophiques de Mr. de Humboldt" überschriebenen Zettel mit vollem Rechte: „L'histoire des découvertes n'aurait de base solide, si l'on n'admettait pas que la découverte appartienne à celui qui l'a publiée le premier fondée sur ses propres observations. Un fait n'a de la vie qu'autant que ce fait commence à entrer dans le cercle des idées qui circulent dans le monde savant." Auch im „Kosmos"[2] geht Humboldt auf das genaueste auf den geschichtlichen Sachverhalt der Entdeckung seines Gesetzes ein.

Zwischen der Vertheilung der erdmagnetischen Intensität und der Inclination besteht nach Humboldt keine einfache Beziehung.[3] Während z. B. die Nadel Humboldt's in Javita und Quito in derselben Zeit gleich viel Schwingungen machte, so betrug doch die Inclination am erstern Orte 23° 45,6′, am zweiten nur 13° 21,9′. Es ergibt sich hieraus das wichtige Resultat, dass die isodynamischen nnd isogonischen Curven nicht zusammenfallen. Die verschiedenen Punkte des magnetischen Aequators zeigen mithin durchaus nicht gleiche magnetische Intensität.

[1] Brief an Gauss vom 18. Juni 1839.
[2] Kosmos, I, 432, Anm. 29.
[3] Reisen (deutsche Ausgabe), IV, 343; VI, 194

Um die an verschiedenen Orten der Erde beobachteten Intensitäten des Magnetismus miteinander vergleichen zu können, bedurfte es der Aufstellung einer bestimmten Einheit, und Humboldt bezeichnete als solche die Intensität an der von ihm erreichten Stelle des magnetischen Aequators. Er wurde hierzu anfangs durch die Annahme veranlasst, dass auf dieser Linie, wo die Magnetnadel horizontal steht, sich gewissermassen die Wirkungen beider Hemisphären ausgleichen und so die magnetische Intensität daselbst ein Minimum würde. Diese Annahme widerlegte sich indess durch Humboldt's Beobachtungen selbst [1], sodass er sodann jene Stelle als den Durchschnittspunkt des magnetischen Aequators mit der Linie der schwächsten Intensität definirte. — Mit der Einheit der Intensität verglich zuerst Humboldt die in Paris beobachtete Intensität und fand sie = 1,3482, und sodann auch seine übrigen Beobachtungsresultate. Diese Zahl hat fast vierzig Jahre hindurch dazu gedient, um alle Intensitätsbestimmungen auf die Humboldt'sche Einheit zu beziehen. So mass unter andern Sabine im Jahre 1827 die Schwingungszahlen einer Nadel in Paris und London und bestimmte danach die Intensität in London = 1,372, und Hansteen fand dieselbe in Christiana in den Jahren 1825 und 1828 = 1,423. Auch die bis zum Jahre 1841 erschienenen Tafeln für die Intensität von Hansteen, Gauss, Ermau, Sabine, Becquerel fussen alle auf derselben Einheit.

Eine Angabe von Humboldt selbst, der es als eine Pflicht des Reisenden ansah, alles offen auszusprechen, was er vom Werth und Unwerth seiner Beobachtungen zu wissen glaubte, gestattet uns, die Genauigkeit seiner Beobachtungen zu beurtheilen. Er gibt an, dass die eine, besterhaltene Nadel seines Instrumentes nach dem Gebrauch in Mexico beim Umkehren der Pole Abweichungen bis zu 15 Minuten in ihrer Einstellung in die

[1] Voyages, III, 622. — Reisen (deutsche Ausgabe), IV, 344. — Recueil d'observations astronomiques, II, 382. — Journal de physique (1804), LXIX, 433.

Inclinationslage zeigte, so dass also die Inclinationsbestimmungen höchstens mit diesem Fehler behaftet sein können. Humboldt hielt deshalb seine Intensitätsbestimmungen für zuverlässiger als die Inclinationsbeobachtungen. Indess dürfte diese Annahme kaum ganz begründet sein. Alle Intensitätsbeobachtungen Humboldt's sind nur unter der Annahme vergleichbar, dass der Magnetismus der zu denselben verwendeten Nadeln sich während der ganzen Zeit der Reise unverändert erhalten hätte. Neuere, erst nach den Reisen von Humboldt angestellte Versuche haben indess ergeben, dass, abgesehen von der schwächenden Wirkung der unvermeidlichen Erschütterungen, auch die Temperaturveränderungen einen doppelten Einfluss auf den Magnetismus der Nadel ausüben. Sie schwächen denselben zunächst für die Dauer; jedoch wird diese Wirkung bei wiederholten Temperaturwechseln immer geringer. Sodann wirken sie vorübergehend, indem bei jeder Temperaturerhöhung der Magnetismus der Nadeln abnimmt, bei jeder Erniedrigung steigt, sodass bei Rückkehr auf dieselbe Temperatur sein früherer Werth wieder erreicht wird. Für jede Nadel ist je nach dem Material, aus dem sie geformt ist, dieser Einfluss sehr verschieden gross, sodass eine Correction der Humboldt'schen Messungen nach Beobachtungen an andern Nadeln sehr unsicher wäre. Humboldt selbst erkennt diesen Uebelstand vollständig an[1]. Selbst wenn also Humboldt am Ende seiner Reise in Mexico die eine Nadel seiner Bussole äusserlich unverändert fand, so ist dies doch kein Beweis dafür, dass diese Unveränderlichkeit zu allen Beobachtungszeiten fortbestand. Es sind daher die auf dieselbe Einheit reducirten Werthe der Intensität mit den durch jene Einflüsse hervorgerufenen Fehlern behaftet.

Ein anderer Umstand, der die directe Zurückführung der beobachteten Intensitäten auf ein einheitliches Mass erschwert, sind die Veränderungen, welche die Intensität des Erdmagnetis-

[1] Reisen (deutsche Ausgabe), VI, 199.

mus im Laufe der Zeit erfährt, und die an verschiedenen Stellen der Erde in sehr ungleichem Grade eintreten. Es ist demnach nicht nur der, den meisten spätern Vergleichungen zu Grunde gelegte Werth 1,3482 der Intensität in Paris ein wesentlich variabler, sondern es können auch die mit demselben Werth zu verschiedenen Zeiten angestellten Vergleichungen der Beobachtungsresultate für die verschiedenen Stationen durchaus nicht als für dieselbe Zeit gültig angesehen werden.

Wenn endlich der magnetische Aequator nicht zugleich die Linie der schwächsten Intensität ist, sondern die letztere auf dem Aequator von Punkt zu Punkt sich ändert, so würde hiernach die Humboldt'sche Einheit nicht mehr der Minimalintensität entsprechen, sondern eine willkürliche, gerade für den bezeichneten Beobachtungsort zur betreffenden Zeit gültige Einheit sein. Trotzdem liessen sich auf dieselbe alle übrigen Beobachtungen reduciren, wenn sowol die Abhängigkeit ihrer eigenen Veränderung, wie die der Intensitäten an den andern Orten der Erde von der Zeit bekannt wären.

Wenn man neuerdings hiernach den Namen der Humboldt'schen Einheit als einen höchst unpassenden, die Annahme der Unabhängigkeit der Gesammtintensität des Erdmagnetismus an einzelnen Orten von der Zeit als eine ebenso willkürliche wie falsche bezeichnet, so ist dieses Urtheil insofern richtig, als man sich auf den jetzt nach vielen Jahren errungenen Standpunkt der Wissenschaft stellt, der eben ganz wesentlich durch das Material und die Anregung erreicht worden ist, welche Humboldt's Arbeiten gegeben haben. Zu hart und wenig billig ist dasselbe indess im Hinblick auf die zur Zeit seiner Beobachtungen obwaltenden wissenschaftlichen Verhältnisse, die man selbstverständlich berücksichtigen muss, wenn man seinen Forschungen volle Gerechtigkeit angedeihen lassen will. Humboldt's Beobachtungen haben unleugbar einen ersten sichern Ueberblick über die Intensitätsverhältnisse gegeben, dessen Erweiterung und Berichtigung Aufgabe der mit verbesserten Methoden und Apparaten ausgerüsteten neuern Forscher ist, von denen ja

manche gerade ihm die zu ihren Untersuchungen erforderlichen Hülfsmittel und Unterstützungen verdanken.

Nach der Rückkehr von seiner Reise musste es Humboldt daran liegen, seine Beobachtungsresultate nach einem einfachen Gesetz aus einer allgemeinen Ursache abzuleiten; und so versuchte mit ihm sein Freund Jean Baptiste Biot[1], zunächst die Erscheinungen der Inclination einem gemeinsamen Gesichtspunkte unterzuordnen. Er nahm an, der magnetische Aequator sei ein Kreis, in dessen Mittelpunkt, senkrecht gegen seine Ebene, ein kleiner Magnet sich befände, der seinen Südpol nach Norden, seinen Nordpol nach Süden kehrte. Die Wirkung dieses Magnets auf die, auf der Oberfläche der Erde befindlichen Magnetnadeln sollte ihre Einstellung in die Inclinationslage bedingen. Bei der Berechnung der Intensitäten sollte diese Voraussetzung indess nicht statthaft sein. Unter diesen Annahmen mussten sämmtliche isoklinische Linien Parallelkreise zu dem erdmagnetischen Aequator sein. — Schon die amerikanischen Beobachtungen Humboldt's ergeben indess wesentliche Abweichungen von diesem Verhältniss. So war die Inclination in San-Carlos del Rio Negro kleiner als in Popayan, obgleich die Breite des letztern Ortes nur 37 Minuten grösser ist als die des erstern. Diese Abweichungen wurden zunächst auf locale Anziehungen der eisenhaltigen Basalte von Sotara und Parare geschoben, auf denen Popayan liegt.

Hiernach war es erforderlich, die localen Einflüsse zu studiren, welche die allgemeinen Gesetze der Declination und Inclination und auch der Intensität verändern konnten. Bei einzelnen Bergmassen waren diese localen Wirkungen schon lange bekannt; dieselben zeigten sich an verschiedenen Stellen polarmagnetisch und lenkten dem entsprechend die Declinationsnadel ab. Humboldt[2] selbst hatte im Jahre 1797 auf diese Weise sehr

[1] *Biot* und *Humboldt*, Journal de physique, LIX, 429. — *Gilbert's* Annalen, XX, 257 (Abhandlung, gelesen im Institut 1804, December 1817).

[2] *Gren's* Journal der Physik (1797), IV, 136.

interessante Beobachtungen an einer Serpentinkuppe in der Oberpfalz, nördlich von Baireuth, angestellt. Dieselbe war auf ihrer östlichen und westlichen Seite magnetisch indifferent; am nördlichen Abhange zeigte sie an verschiedenen Stellen südliche, am südlichen Abhange nördliche Polarität; sodass sie aus mehreren, nicht ganz gleich gelagerten, durch unwirksames, wenn auch mineralogisch nicht besonders ausgezeichnetes Gestein getrennten Magnetmassen zu bestehen schien. Selbst die kleinsten Splitter dieser Massen zeigten eine schwache, aber deutliche magnetische Polarität.

Schwächere Wirkungen dieser Art sind vielfach beobachtet worden. So fand Humboldt selbst, dass an den Küsten der vulkanischen Insel Teneriffa die Abweichung der Magnetnadel je nach dem Orte ihrer Aufstellung um mehrere Grad variirte.[1] Aehnlich verhält sich, wie schon das Beispiel von Popayan zeigt, die Inclination[2], die selbst auf dem Meere, vielleicht wegen der ungleichen Tiefe, sich plötzlich ändert[3], und auch die Intensität. So war nach Humboldt die Zahl der Schwingungen der Magnetnadel auf dem Gipfel des Imposible[4] oberhalb Cumana grösser als am Ufer des Meeres, wol infolge des Eisengehalts jenes Berges. Aehnlich verhielt sich die Nadel in Quito und auf dem Gipfel des Antisana. An ersterm Orte vollbrachte sie in 10 Minuten 218, an letzterm 230 Schwingungen. Umgekehrt machte dagegen die Nadel auf der Höhe von Guadeloupe (338 Toisen über dem Meere) in 10 Minuten 2 Schwingungen, auf der Silla de Caracas (1330 Toisen) sogar 7 Schwingungen weniger als in der Ebene.[5]

---

[1] Reisen (deutsche Ausgabe), I, 145.

[2] Nach Borda ist n. a. auf dem Pic von Teneriffa die Inclination um 1° 15′ grösser als am Fusse desselben; siehe *Humboldt's* „Reisen", (deutsche Ausgabe), I, 452.

[3] Reisen (deutsche Ausgabe), I, 398.

[4] Reisen (deutsche Ausgabe), II, 22 und auch 83, auch *Gilbert's* „Annalen" (1799), VII, 331 (Brief an Lalande).

[5] Reisen (deutsche Ausgabe), II, 44.

Um diese localen Wirkungen auch für grössere Landstrecken zu untersuchen, unternahm Humboldt mit Gay-Lussac[1] eine vom 15. März 1805 bis 1. Mai 1806 dauernde Reise durch Frankreich, die Schweiz, Italien und Deutschland. Sie bestimmten die Neigung der Magnetnadel an der Inclinationsbussole, welche Lenoir für die Expedition von d'Entrecasteaux gefertigt hatte, und nach den Seite 59 angeführten Methoden. Die Intensität wurde zunächst für den horizontalen Antheil der erdmagnetischen Kraft durch Zählen der Schwingungen eines rechteckigen, in horizontaler Lage an einem Faden von roher Seide aufgehängten Magnetstabes gemessen. Aus jenem Werth lässt sich leicht die in der Richtung der Inclinationsnadel wirkende Gesammtintensität des Erdmagnetismus berechnen.

Durch diese, an 43 verschiedenen Orten ausgeführten Bestimmungen ergab sich eine ziemlich regelmässige Abnahme der Inclination mit der Zunahme der geographischen Breite, so dass hiernach in Europa die von Biot berechneten magnetischen Parallelkreise sehr stark dem Aequator zugebogen sein müssten. Wollte man also die Annahme von Biot im allgemeinen beibehalten, so hätte man noch die Existenz eines besondern localen magnetischen Centrums in Europa voraussetzen müssen. Da indess spätere Beobachtungen noch mehr solche Abweichungen von der Biot'schen Hypothese zeigten, hat man dieselbe ganz verlassen müssen. — Der Einfluss der Alpen auf die Inclination war ziemlich klein, beim Uebergang über den Mont-Cenis stieg die Inclination ein wenig (von 66° 12′ in Chambéry und 66° 3′ in Turin bis 66° 22′ auf dem Gipfel), während sie auf dem Sanct-Gotthard etwas kleiner war als an seinem südlichen Abhang in Airolo. Auch die Intensität des Erdmagnetismus änderte sich durch den Einfluss der Alpen sehr wenig; vielleicht waren die beobachteten Unterschiede sogar nur durch die damals noch nicht bekannten Aenderungen der Intensität im

[1] *Humboldt* und *Gay-Lussac*, Mémoires de la Société (1807), I, 1. — *Gilbert's* Annalen, XXVIII, 257; auch in „Reisen" (deutsche Ausgabe), VI, 211, gelesen im Institut 8. Sept. 1808.

Verlaufe jedes einzelnen Tages bedingt. Ebenso zeigte sich die Einwirkung des Vesuvs insgesammt sehr klein; die Unterschiede der Beobachtungsresultate an verschiedenen Stellen desselben waren ganz unregelmässig vertheilt, also wol ganz localen Wirkungen der Lavamassen zuzuschreiben.

Die allgemeinen Messungen der Intensität auf der ganzen Reise ergaben auch für Europa eine Bestätigung des von Humboldt auf der amerikanischen Reise zwischen dem Wendekreise gefundenen Resultates, dass die Intensität des Magnetismus mit der Annäherung an die Pole zunimmt, ein Ergebniss, welches hier um so sicherer ist, als bei zweimaliger Beobachtung in Mailand in einem Abstand von sechs Monaten sich daselbst die Intensität ganz unverändert erwies.

Durch die einmalige Bestimmung der erdmagnetischen Constanten konnte nicht festgestellt werden, ob dieselben auch für die Dauer an demselben Orte der Erde unveränderlich die gleichen Werthe bewahrten. Es bedurfte hierzu wiederholter Beobachtungen zu verschiedenen Zeiten. Dieselben haben sowol plötzliche als auch langsame Aenderungen der Constanten ergeben. Plötzliche Aenderungen in kurzen Zeiträumen, deren Ursache direct auf örtliche Veränderungen der Schichten der Erdoberfläche zurückzuführen waren, hatte schon Humboldt am 4. November des Jahres 1799 bei dem Erdbeben in Cumana bemerkt, bei welchem die Inclination dauernd von 39° 17′ bis auf 38° 23′ sank, während sich weder die Declination noch die Intensität wesentlich geändert hatte, und auch die Inclinationsbussole an den nicht vom Erdbeben getroffenen Orten vor wie nach die gleichen Anzeigen gab.[1]

Auch langsame Aenderungen, namentlich der Inclination, waren schon im Jahre 1806 von Gilpin und Cavendish in London beobachtet worden.[2] Ein besonderes Interesse gewannen diese Untersuchungen indess erst durch die magnetischen Bestimmungen

[1] Reisen (deutsche Ausgabe), II. 277.
[2] Philosophical Transactions, LXVI, I, 401.

auf den Reisen von Cook, Duperrey, Vaucouver und Freycinet, aus denen Morlet und Arago abgeleitet hatten, dass die isoklinischen Linien im Laufe der Jahre nicht dieselbe Lage bewahren, und namentlich auch der erdmagnetische Aequator den Aequator der Erde nicht immer in denselben Knotenpunkten schneidet, sondern die letztern allmählich von Ost nach West vorrücken. In Folge dieser Beobachtungen führte Humboldt nach einer Reihe von Jahren an einer Anzahl früherer Beobachtungsorte noch einmal Inclinationsbestimmungen nach derselben Methode aus, oder verglich auch die Ergebnisse anderer Beobachter mit seinen eigenen Resultaten.[1] So fand er u. a. in Berlin mit Gay-Lussac die Inclination im Jahre 1806 = 69° 53′, sodann im Jahre 1826 mit einem Instrument von Gambey daselbst im Garten des Schlosses Bellevue = 68° 39′, sodass sich hieraus im Laufe eines jeden Jahres eine mittlere Abnahme der Inclination von 3,7′ ergibt. Analog beobachtete Humboldt die Inclination in Paris mit Borda im Jahre 1798 = 69° 51′; mit Arago im October 1810 = 68° 50′; im August 1825 fand sie Arago daselbst = 68° 0′; endlich am 18. September 1826 Humboldt mit Matthieu = 67° 56′. Die Inclination nahm also in den ersten zwölf Jahren in jedem Jahre um 5′, in den folgenden funfzehn Jahren nur um 3,3′ ab. In Göttingen fand Humboldt mit Gay-Lussac Ende 1805 die Inclination = 69° 29′ und 21 Jahre später, am 28. Sept. 1826 mit Gauss = 68° 29′ 26″, sodass hier die Abnahme nur 2,8′ im Jahre ausmacht, also viel kleiner ist, als in dem östlichern Berlin und westlich gelegenen Paris. Aehnliche Resultate liessen sich aus der Zusammenstellung der Beobachtungen von Humboldt (Dec. 1800) und Sabine (1822) in der Havana ableiten, welche eine jährliche Abnahme von 3,9′ ergeben, und aus den Beobachtungen von Humboldt und Gay-Lussac (26. Sept. 1805) und Arago (21. Sept. 1826) in Florenz und Turin, die eine Abnahme von 3,3′, resp. 3,5′ im Jahre anzeigen. Ueberall

[1] Reisen (deutsche Ausgabe), VI, 215. — *Poggendorff's* Annalen (1829), XV, 329.

nimmt also die Inclination ab, sodass demnach der magnetische Aequator den betrachteten Beobachtungsorten näher rückt, also mit seinen Knotenpunkten auf dem Erdäquator nach Westen fortschreitet.

Daneben wurden von Humboldt stets noch vereinzelte Inclinationsbeobachtungen[1] angestellt, um den Lauf der isoklinischen Linien besser zu fixiren; so während der Jahre 1825—29 in Metz, Frankfurt, Teplitz, Prag, Dresden, auf dem Millischauer; namentlich auch in Gemeinschaft mit Reich und Freiesleben in Freiberg, sowol zu Tag als in der Tiefe der Grube Churprinz, woselbst die Inclinationen resp. 67° 23,99′ und 67° 32,0′ betrugen.

Auch auf seiner in Gesellschaft von Ehrenberg und G. Rose unternommenen Reise nach Centralasien begleitete Humboldt wiederum eine mit zwei Nadeln versehene Inclinationsbussole von Gambey, mit der er theils die Resultate früherer Reisender controlirte, theils denselben eigene Beobachtungen hinzufügte. Der magnetische Meridian wurde hierbei meist durch Aufsuchung der Ebene bestimmt, in welcher die Nadel vertical steht (vgl. S. 59). An jeder der Nadeln wurden die Pole während der Messungen umgekehrt und jedesmal die Einstellung achtmal abgelesen. Die so in jedem einzelnen Falle erhaltenen Werthe unterschieden sich in ihrem Mittel höchstens um 1,8 Minuten. Im Eifer für die Sache achtete der bereits sechzigjährige Humboldt bei seinen Beobachtungen nicht die Unbilden des Wetters. Wo ihm die Localität geeignet erschien, namentlich fern von den menschlichen Wohnungen, auf freiem Feld, zuweilen in glühender Mittagssonne, verliess er den Reisewagen und stellte meist mit entblösstem Haupte seine Apparate auf. Nur bei besonders ungünstigem, stürmischen Wetter wurden die Apparate in einem von der russischen Regierung zur Verfügung gestellten „magnetischen“ Zelte untergebracht, an welchem alle Metalltheile, Ringe u. s. w. aus Rothkupfer bestanden.

---

[1] Vgl. Seite 339.

So wurde die Inclination an 27 verschiedenen Orten gemessen, die in ostwestlicher Richtung zwischen Barnaul (81° 59′ östl. L. von Paris) und Berlin (11° 3′ 30″ östl. L.), in nordsüdlicher zwischen der Insel Birutschicassa im Kaspischen Meere an der Mündung der Wolga (45° 43′ nördl. Br.) und Werchoturie im nördlichen Ural (58° 52′ nördl. Br.) vertheilt liegen, und somit für die Bestimmung des Verlaufs der isoklinischen Curven auf einem weiten Gebiete sicheres Material gewonnen.[1]

Humboldt hat hiermit vollendet, was ein anderer grosser deutscher Naturforscher über hundert Jahre früher für die Wissenschaft erstrebte. Leibnitz[2] hatte bereits am 21. Nov. 1712 an Peter den Grossen einen Brief gerichtet, in dem er die Bestimmung der Declination und Inclination an verschiedenen Stellen des weiten russischen Reichs als wünschenswerth hinstellte und auch praktische Vorschläge für die Ausführung dieser Messungen machte; damals indess ohne besondern Erfolg.

Durch diese und viele andere ähnliche Untersuchungen war die Vertheilung des Erdmagnetismus auf der Erdoberfläche nach Länge und Breite und ihre Veränderung im Laufe der Zeiten festgestellt, soweit es die damaligen Methoden gestatteten.

Eine andere Frage betrifft die täglichen Schwankungen, welche der Erdmagnetismus an derselben Stelle der Erde um seinen mittlern Werth herum erleidet. Nach einigen frühern Andeutungen des Missionars Guy Tachard, der schon im Jahre 1682 in der Stadt Louvo in Siam eine stündliche Aenderung der Abweichung beobachtete, hatte sodann im Jahre 1722 Georg Graham in London gefunden, dass sich die magnetische Declination unabhängig von der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft im allgemeinen ziemlich regelmässig von Stunde zu Stunde ändert, und zwar am meisten nachmittags zwischen 12 und 4 Uhr, am wenigsten zwischen 6 und 7 Uhr abends. Bei Wiederholung

[1] Asie centrale, III, 440–478. — *Poggendorff's* Ann. (1830), XVIII, 355. — Reisen (deutsche Ausgabe). VI, 218. — [2] Asce Centrale III. 470.

dieser Versuche in Upsala durch Celsius und seinen Assistenten Hjörter machte der letztere die überraschende Beobachtung, dass die Schwankungen der Declinationsnadel in ungewöhnlichem Grade bei dem Auftreten eines Nordlichtes zunehmen, und mass sogar die Grösse dieser Störungen. Er stellte sich sogleich die Frage, ob dieselben nur localen Ursachen zuzuschreiben wären oder sich über weitere Länderstrecken verbreiteten. In Folge dessen forderte Celsius, ohne den Grund seiner Bitte anzugeben, Graham in London zu gleichzeitigen Beobachtungen an vorher verabredeten Terminen auf; doch scheint die Aufforderung keine weitere Folgen gehabt zu haben.

Die ersten genauern Beobachtungen über diese Verhältnisse rühren wiederum von Alexander von Humboldt her. Schon auf seiner amerikanischen Reise hatte er bei Lima in einer weiten Ebene stündliche Bestimmungen der Abweichung mittels einer, mit zwei Dioptern versehenen, 12 Zoll langen und an einem ungedrehten Faden aufgehängten Magnetnadel angestellt.[1] Er erkannte indess sehr wohl, dass, um die regelmässigen periodischen Veränderungen des Standes der Nadeln von den ausserordentlichen Störungen zu sondern, längere Zeit hindurch fortgesetzte, ununterbrochene Aufzeichnungen des Standes der Magnetnadel erforderlich wären. Nachdem er daher schon im Jahre 1805 mit Gay-Lussac in Rom auf dem Monte Pincio eine kurze Reihe fortdauernder Beobachtungen angestellt, vereinte er sich bei seiner Rückkunft nach Berlin im Jahre 1806 mit Professor Oltmanns zu einer ausgedehntern Arbeit über denselben Gegenstand. Die Messungen wurden alle mittels des vortrefflichen magnetischen Fernrohrs von Gaspard de Prony ausgeführt. Dasselbe besteht aus einem Magnetstab von etwa 60 Centimeter Länge, der in horizontaler Lage in einem Gehäuse an einem Seidenfaden hängt und vor jedem Luftzug geschützt ist. Unterhalb ist an demselben der Länge nach ein Fernrohr befestigt,

[1] Annales du musée d'histoire naturelle, II, 322. (Brief an Delambre, Lima, 25. Nov. 1802.) *Gilbert's* Annalen (1804), XVI, 475.

durch welches man nach einer bei Nacht beleuchteten, etwa 200 Toisen entfernten Scala visirt. Dnrch Drehen des Magnetstabes um seine Axe kann man den Punkt der Scala bestimmen, nach welchem die mit der augenblicklichen Richtung der erdmagnetischen Kraft zusammenfallende magnetische Axe des Magnetstabes hinweist. Ist also vorher auf der Scala der Theilstrich bezeichnet, welchen der durch den Aufhängepunkt des magnetischen Fernrohrs gehende Erdmeridian schneidet, so kann man bei den Schwingungen des Magnetstabes aus den an der Scala gemachten Ablesungen direct seine Ablenkungen nach Ost und West berechnen.

Von Mitte Mai 1806 bis Ende Juni 1807 machten A. von Humboldt und Oltmanns, gelegentlich unterstützt von einigen Freunden, unter denen namentlich auch Leopold von Buch zu nennen ist, mit diesem Apparat nicht weniger als 6000 Beobachtungen, von denen je vier zu einem mittlern Werth vereint wurden. Vorzüglich zur Zeit der Aequinoctien und Solstitien wurde ununterbrochen von Stunde zu Stunde, oft auch halbstündlich, während fünf, sieben, ja auch elf Tagen beobachtet.

Zu den meisten Zeiten bewegt sich der das Fernrohr tragende Magnet langsam von Theilstrich zu Theilstrich der Scala. Bei Tage, wo die Bewegung der Magnetnadel schon früher erkannt war, richtet sich die Nadel gegen 8¼ Uhr morgens am meisten nach Norden. In der ersten Periode ihres täglichen Laufes geht sie sodann bis 1¾ Uhr mittags nach Westen, geht in der zweiten Periode bis etwa 6 Uhr abends nach Osten, macht sodann einen kleinen Stillstand, um sich nachher in einer dritten Periode nach Osten zu bewegen. Früher glaubte man, dass diese östliche Bewegung bis zum andern Morgen andauerte; Humboldt hat aber zuerst festgestellt, dass die Nadel bis etwa 12—1 Uhr nachts ein wenig weiter nach Ost vorgeschritten ist als am Morgen und sich nun in einer vierten Periode wiederum westlich wendet, bis sie die frühere Abweichung um 8¼ Uhr morgens wieder erlangt hat.

Neben diesen regelmässigen Schwankungen beobachtete

Humboldt auch die nicht periodischen Perturbationen, welche Hjörter dem Einflusse des Nordlichts zugeschrieben hatte, die indess zuweilen auch ohne das Erscheinen eines wirklich sichtbaren Nordlichts auftraten.

In der Nacht vom 19. bis 20. Dec. 1806 gelang es ihm mit Oltmanns, die erste vollständige Beobachtungsreihe über die Wirkung eines von 10 Uhr abends bis 2 Uhr morgens andauernden Nordlichts auf die Magnetnadel zu gewinnen. Trotz seiner Ermüdung nach den anhaltenden Beobachtungen theilte er am Morgen sogleich seine Ergebnisse an Prof. Erman mit. Sehr unregelmässige Schwankungen zeigte die Nadel dabei nicht, indess stieg die Aenderung der Declination, welche des Nachts in gewöhnlichen Verhältnissen nur 2′ 27″ bis 3′ betrug, bis zu 26′ 29″. Der Nordpol der Nadel wich hierbei gegen Osten ab, sodass es schien, als würde er von dem in N. N. W. stehenden Nordlicht abgestossen.[1] Aus der Dauer der Schwingungen der Nadel ergab sich, dass die Intensität der erdmagnetischen Kraft während der Dauer des Nordlichtes ein wenig verringert war.

Sehr häufig sind diese Störungen der täglichen Bewegung der Declinationsnadel von stossweisen, sehr unregelmässigen Schwankungen der Nadel begleitet, sodass, wie gelegentlich Humboldt und Oltmanns beobachteten, die sonst nur höchstens 1′ 12″ betragenden Hin- und Herschwingungen ihres Prony'schen Fernrohrs bis zu 38 Minuten und mehr anstiegen, und eine genaue Messung der Schwingungsweite ganz unmöglich wurde. Perioden von totaler Ruhe und heftigen Schwankungen wechseln dabei miteinander ab, sodass das ganze Phänomen mit Recht den von Humboldt eingeführten Namen eines „magnetischen Ungewitters“ trägt. Gewöhnlich treten diese Störungen in bestimmten Zeiträumen, wie im Monat September, in mehreren Nächten hintereinander zu denselben Stunden auf, und häufig gehen ihnen schon an dem Tage vorher zwischen 5—7 Uhr

[1] *Gilbert's* Annalen (1806), XXIX, 425.

kleinere Störungen voran, so dass Humboldt seine Freunde oft schon im voraus zur Beobachtung eines magnetischen Ungewitters einladen konnte.

Durch diese Erfahrungen drängte sich Humboldt unwillkürlich die schon von Hjörter gestellte Frage auf, ob die Störungen der Magnetnadel wirklich einem allgemeinen tellurischen Einfluss, insbesondere dem des Nordlichts, oder nur localen Veränderungen zuzuschreiben seien, und schon im Jahre 1806 erklärte er deshalb die Aufstellung ähnlicher Apparate, wie des von ihm und Oltmanns benutzten, im Osten und Westen von Berlin für wünschenswerth. Zunächst unterstützte ihn Arago in Paris in diesen Bestrebungen. Nachdem er gefunden, dass beim Auftreten eines Nordlichts, selbst wenn es in Paris nicht sichtbar war, die Nadel im dortigen Observatorium in lebhafte Schwankungen gerieth, und zufällig zu gleicher Zeit in Paris und Kasan angestellte Beobachtungen ergeben hatten, dass die Störungen der Nadel in gewissen Fällen sich über sehr weite Ländergebiete erstrecken können, erhielt Humboldt einen neuen Grund, seine frühern Vorschläge wieder aufzunehmen und an verschiedenen Orten der Erde zu genau vorher verabredeten Terminen gleichzeitige Beobachtungen der Magnetnadel zu organisiren. Er war so glücklich, hierbei nicht nur seine speciellen wissenschaftlichen Beziehungen, sondern auch seine hohe gesellschaftliche Stellung zum Nutzen der Wissenschaft verwerthen zu können.

Gleich nach seiner Rückkehr von Paris nach Berlin im Jahre 1827 schritt er zur Ausführung seines Planes. Er selbst liess in demselben Jahre in Berlin im Garten des Stadtraths Mendelssohn-Bartholdy ein magnetisches Häuschen errichten, bei dessen Construction die Anwendung alles Eisens vollständig vermieden war. Die Haspen, Nägel, Schlösser bestanden alle aus rothem Kupfer. In dem Häuschen schwebte an einem Faden eine Magnetnadel, welche an jedem Ende eine getheilte Elfenbeinscala trug. Ueber derselben befand sich ein mit einem Fadenkreuz versehenes Mikroskop. Man konnte entweder beobachten, welcher Theilstrich der Scala mit dem Faden des

Mikroskops zusammenfiel, oder man konnte das letztere selbst seitlich auf einer Scala verschieben, bis jedesmal der auf der Nadel gezogene mittlere Strich der Scala mit dem Fadenkreuz sich deckte, und so die Stellung der Nadel bestimmen. Mit diesem Instrument wurden ausgedehnte Beobachtungsreihen in Berlin von Humboldt selbst, sowie von Dirichlet, Dove, Encke, Köhler, Magnus, P. Mendelssohn, Poggendorff, und mit einem ähnlichen Instrument infolge einer Aufforderung von Humboldt[1] gleichzeitig von Reich in Freiberg in einer Tiefe von 35 Lachtern ausgeführt. Ferner wurde Boussingault durch Humboldt veranlasst, in Marmato in Columbien, wo die Declination, entgegengesetzt der Abweichung in unsern Gegenden, eine östliche ist, mit seinem Gambey'schen Reiseinstrument die analogen Versuche anzustellen. Eine noch weitere Ausdehnung gewann das Beobachtungsnetz durch die persönliche Vermittelung Humboldt's bei seiner asiatischen Expedition. Auf der Rückreise wurde er in Petersburg ersucht, einen Vortrag in der Akademie der Wissenschaften zu halten. Im Drange der ihm und seinen Begleitern zu Ehren gegebenen Festlichkeiten schrieb er hierzu in nächtlicher Stunde eine Abhandlung über die Wichtigkeit der allgemeinen Verbreitung fester magnetischer Stationen, die mit dem höchsten Interesse aufgenommen wurde. Nach dem Bericht einer hierzu besonders erwählten Commission der Akademie bewilligte darauf die russische Regierung mit der grössten Bereitwilligkeit die erforderlichen Mittel, und bald wurde, namentlich unter der unermüdlichen Leitung von Kupfer, eine ganze Reihe magnetischer Stationen nach demselben einheitlichen System durch ganz Russland, von Nicolajew bis Peking errichtet.

Die zuerst für die gleichzeitigen Beobachtungen an den verschiedenen Stationen festgesetzten Zeiten umfassten sieben auf das Jahr vertheilte Perioden von je zwei Tagen, in denen mindestens stündlich von 4 Uhr morgens des ersten Tages bis Mitternacht des zweiten Tages beobachtet werden sollte. Später

---

[1] Briefe an Reich, 9. März und 2. April 1829.

wurden diese Perioden auf vier im Jahr, zur Zeit der Solstitien und Aequinoctien, beschränkt.

Den ersten von Humboldt eingeleiteten Bericht[1] über die hiernach in dem Jahre 1828 — 29 in Freiberg, Berlin, Petersburg, Kasan und Nicolajew angestellten Beobachtungen veröffentlichte H. W. Dove. Sämmtliche Resultate wurden in Curven verzeichnet. In Betreff der regelmässigen täglichen Bewegungen der Nadel bestätigten sie nach den Bestimmungen in Freiberg zunächst ein schon im Jahre 1782 von Cassini in den Kellern der Sternwarte von Paris gefundenes Resultat, dass jene Bewegungen in einer Tiefe, wo die täglichen Temperaturveränderungen völlig verschwinden, dennoch genau in derselben Weise stattfinden wie auf der Oberfläche der Erde. Sodann zeigte sich, dass die täglichen Veränderungen der Richtung nach auf allen Stationen vom Bothnischen Meerbusen bis zum Schwarzen Meere vollständig miteinander übereinstimmten, und so die Phase der Bewegung bei der gleichen Tageszeit überall dieselbe war. Diese Bewegung ist also von der absoluten Zeit unabhängig und von dem jeweiligen gleichen Stande der Sonne über dem Beobachtungsort bedingt.

Im allgemeinen schien die Grösse der täglichen Schwankungen im Mittel mit wachsender Breite etwas zuzunehmen; dagegen bestätigte sich eine frühere Beobachtung von Arago, dass die einzelnen, zu gleichen Zeiten an den verschiedenen Orten beobachteten Schwankungen untereinander in einem sehr ungleichen Verhältniss stehen. So fand z. B. Arago, dass am 11. Juni 1829 die Schwankung der Nadel in Berlin zweimal grösser war als am 10., während sie umgekehrt in Paris am 10. bedeutender war als am 11. u. s. w.

Die neben den regelmässigen Oscillationen hergehenden unregelmässigen Anomalien und Perturbationen (Zitterungen) waren dagegen in der Tiefe bei constanter Temperatur kleiner

[1] *Dove*, Poggendorff's Annalen (1830), XIX, 361. (mit Vorwort von Humboldt).

als bei veränderlichern Wärmegraden. Sie nehmen im allgemeinen mit der Annäherung an den Pol zu. Diese Störungen erweisen sich von doppelter Natur. Die einen, wie sie z. B. bei einem in St. Petersburg beobachteten Nordlicht auftraten, stellen sich an allen Stationen zu gleicher absoluter Zeit ein; vor und während des Nordlichts weicht die Nadel überall plötzlich ab. Diese Störungen sind also einer ganz allgemeinen Ursache zuzuschreiben. Mit Recht bemerkte Dove, dass hierfür die Erscheinung des Nordlichts selbst nicht erforderlich sei, sondern dasselbe nur in einer bis zum leuchtenden Phänomen gesteigerten tellurischen Thätigkeit bestehe, die ebensowol jenes Leuchten wie die Schwankungen der Magnetnadel bedingt. Wenn dieselbe auch nicht bis zu der Intensität ansteigt, die das Leuchten hervorruft, so kann sie dennoch sehr wohl eine Störung des Ganges der Magnetnadel bewirken.

Einen ganz neuen Aufschwung erfuhr die Untersuchung des Erdmagnetismus im Jahre 1833 durch Gauss, der in seiner berühmten Abhandlung „Intensitas vis magneticae ad mensuram absolutam revocata" die Wissenschaft von den frühern willkürlichen Einheiten der magnetischen Kraftäusserungen unabhängig machte und lehrte, dieselbe in den auch sonst gebräuchlichen Massen und Gewichten, in Metern und Grammen auszudrücken. Die vorzüglichen, zu diesen absoluten Messungen von Gauss im Verein mit Wilhelm Weber construirten Apparate gestatteten, mit Hülfe der folgenreichen, von Poggendorff erfundenen Methode der Spiegelablesung (eines an den Magneten befestigten und mit ihm schwingenden Spiegels, in welchem durch ein Fernrohr das Bild einer entfernten Scala beobachtet wird), nicht nur bei Declinations- und Intensitätsmessungen an und für sich viel genauere Ablesungen des Standes und der Schwingungen der Magnete vorzunehmen als früher, sondern auch sich bei Messung der Intensität von der Veränderung der Magnete durch Erschütterungen und Temperatureinflüsse völlig unabhängig zu machen. Hierdurch wurde die Unsicherheit, mit der die frühern Intensitätsmessungen behaftet waren, welche zu verschiedenen

Zeiten mit derselben, für unveränderlich angesehenen Nadel angestellt wurden, auf das vollkommenste beseitigt. Humboldt selbst erkannte sogleich den ausserordentlichen Fortschritt, den diese hochbedeutende Arbeit mit sich brachte, und suchte sie zum Nutzen der Wissenschaft möglichst schnell zur allgemeinen Kenntniss der Physiker zu bringen. Trotz seiner hohen Stellung und aufreibenden Thätigkeit in der Wissenschaft wie im Leben, die ihm wenig Musse gestattete, übersetzte der 64jährige Mann selbst den Aufsatz von Gauss ins Französische, sah die Uebersetzung mit Encke durch und schrieb sie sogar selbst ab, um sie an Arago zur Mittheilung an das Institut de France zu senden.[1]

Die Gauss'schen Methoden wurden bald allgemein angenommen. Auch in Berlin, wo inzwischen das Humboldt'sche magnetische Häuschen abgebrochen war, wurde im Garten der Sternwarte ein magnetisches Observatorium nach Gauss'schem System errichtet. Gerade indess, weil dieses System eine so viel sicherere Bestimmung der magnetischen Constanten ermöglichte, und man so mit ihrer Hülfe viel leichter einen tiefern Einblick in das Wesen des Erdmagnetismus gewinnen konnte, war es doppelt wichtig, dass nun die magnetischen Beobachtungen über viel weitere Gebiete der Erdoberfläche ausgedehnt wurden als früher. Noch fehlten magnetische Stationen auf dem ganzen Gebiete von Grossbritannien und seinen Colonien. Wie schon früher an die petersburger Akademie, so wendete sich jetzt im Jahre 1836 Humboldt brieflich an den Präsidenten der Royal Society in London, den Herzog von Sussex[2], mit dem dringenden Ersuchen, die Errichtung permanenter Stationen in Canada, St.-Helena, auf dem Cap der guten Hoffnung, auf Isle de France, Ceylon und Neuholland zu erwirken.

---

[1] Brief an Gauss, 17. Febr. 1833.

[2] Lettre de Mr. de Humboldt à S. A. R. le duc de Sussex sur les moyens propres à perfectionner la connaissance du magnétisme terrestre par l'établissement de stations magnétiques et d'observatoires correspondantes. Avril 1836.

Dieser Brief wurde sehr freundlich aufgenommen und veranlasste die Gesellschaft, die Physiker und Astronomen Christie und Airy zu Berichterstattern über die Humboldt'schen Vorschläge zu ernennen. Anfangs hegte die Commission manche Zweifel, ob die von Gauss angewendeten Apparate, namentlich die von ihm eingeführten schweren, an Fäden aufgehängten Magnetstäbe, die doch schon in Deutschland, Schweden und Italien allgemein angenommen waren und sich überall vollkommen bewährt hatten, auch die plötzlichen Störungen angeben würden; indess wurde doch bald die Errichtung der Stationen beschlossen, und so konnte Humboldt schon im Jahre 1837 an Gauss schreiben: „Ihre Umgestaltung der Beobachtungen hat jetzt eine Association zu Stande gebracht, deren Frucht allmählich die Entzifferung jener geheimnissvollen Hieroglyphenschrift sein wird. Auf mehr als zwanzig Punkten sind Ihre Instrumente aufgestellt.[1]"

Inzwischen hatte Gauss im Jahre 1837 seine zweite grosse Abhandlung über Erdmagnetismus vollendet. Er hatte Formeln aufgestellt, in die man nur die an einzelnen Orten der Erde gefundenen Beobachtungswerthe einzusetzen brauchte, um ein ganz allgemeines Bild der Vertheilung des Magnetismus auf der Erde zu gewinnen. Der nunmehr 68jährige Humboldt scheute sich nicht, die immerhin schwierige mathematische Arbeit mit Beihülfe des Mathematikers Jacobi durchzustudiren. Er spricht in seinen Briefen an Gauss seine lebhafte Freude über das grossartige Werk aus. Ganz besonders erfreute ihn der eigenthümliche Zauber, den hierbei das Erkennen von Mass und Harmonie in dem anscheinend Regellosen ausübt. Mit bewunderungswürdiger Bescheidenheit erkennt er die Mängel seiner frühern Beobachtungen an, bei denen er namentlich zu wenig Werth auf die Bestimmung der Stärke der in horizontaler Richtung auf die Nadel wirkenden erdmagnetischen Kraft gelegt und sie nur aus der Inclination geschätzt habe, da man nun nicht wüsste, ob die etwaigen Aenderungen der erstern mit

[1] Brief an Gauss, 27. Juli 1837.

der Zeit Folge einer Aenderung der Inclination oder der totalen Intensität, oder beider zugleich seien. Dagegen freut er sich „eine vage, aber richtige Inspiration, die er schon früher gehabt", durch Gauss bestätigt zu sehen, nämlich seine Vorliebe für die Bestimmung der erdmagnetischen Intensität, die durch Gauss' Untersuchungen eine besondere Wichtigkeit erlangt hatte, und seine Abneigung gegen die Multiplication der magnetischen Erdpole und die Gabelung der isogonischen Linien, die von frühern Beobachtern behauptet, aber von Gauss widerlegt war.

Mit den Arbeiten von Gauss war der experimentellen Untersuchung sowie der mathematischen Behandlung des Erdmagnetismus ein ganz bestimmter Weg vorgezeichnet, der nur durch Reihen von Jahren hindurch auf den durch Humboldt's Bemühungen auf allen Theilen der Erdoberfläche errichteten permanenten magnetischen Observatorien, und etwa auch auf besondern Expeditionen verfolgt zu werden brauchte, um über die jedesmalige Vertheilung des Erdmagnetismus auf der Erde und ihre säcularen Veränderungen Aufschluss zu erhalten.

Humboldt's anregende und schöpferische Thätigkeit für die erdmagnetischen Untersuchungen hatte hiermit ihr Ziel gefunden, und er konnte es andern überlassen, die fernern Früchte in diesem Gebiete zu ernten, welches er zwar selbst nicht erschlossen, das aber seine hohe Entwickelung weit überwiegend der rastlosen, durch mehr als sechzig Jahre hindurch fortgesetzten Pflege verdankt, welche er auch im Glanze des Hofes und inmitten der mannichfachsten und wechselndsten Interessen demselben widmete. Bis an sein Lebensende verfolgte er indess noch alle auf dem eröffneten Wege erzielten Resultate der erdmagnetischen Forschungen mit dem grössten Interesse, so die von Lamont nachgewiesenen 10⅔jährigen Perioden, die Beobachtungen von Sabine und die Arbeiten von Faraday über den Einfluss der Erwärmung des Sauerstoffs in der Atmosphäre auf sein magnetisches Verhalten u. s. f.

Humboldt hat das grosse Glück genossen, von dem Beginn der ersten exacten Forschungen an bis zu der Ver-

werthung der Gauss'schen Resultate eine fast völlig in sich abgeschlossene Periode der Entwickelung der Wissenschaft auf dem Gebiete des Erdmagnetismus als einer der bedeutendsten Mitarbeiter und Förderer zu durchleben. Wie er schon in frühern Jahren die Anfänge unserer magnetischen Kenntnisse gesammelt[1], vermochte er am Ende seiner irdischen Laufbahn das Gesammtresultat der Leistungen in dieser Periode in seinem „Kosmos" als einen wesentlichen Theil des Naturganzen zu einem schönen, harmonischen Gebäude zusammenzufügen.

Nach Humboldt beginnt jetzt ein ganz neuer Abschnitt der Forschung, in welchem unsere Erfahrungen über die innigen Beziehungen zwischen den elektrischen und magnetischen Phänomenen auch für die Aufklärung der erdmagnetischen Erscheinungen verwerthet werden sollen. Der Nachweis elektrischer Strömungen im Innern der Erde uud die Bestimmung ihrer Stärke und Richtung, welche uns erst durch die Anlage der elektrischen Telegraphen ermöglicht wird, die immer genauere Erforschung des Nordlichts, dessen elektrische Entladungen die Magnetnadel ablenken können, geben uns die Hoffnung, dass es uns gelingen wird, die magnetischen Erscheinungen auf elektrische Vorgänge in unserm Erdball, und vielleicht auch in andern Himmelskörpern, als erste Ursache zurückzuführen.

B. Einzelne physikalische und chemische Forschungen.

Ausser seinen Untersuchungen im Gebiete des Erdmagnetismus hat Humboldt eine Reihe vereinzelter chemischer und physikalischer Arbeiten ausgeführt. Dabei stehen seine Versuche im Laboratorium meist in engster Beziehung zu den Beobachtungen, welche er auf seinen Reisen anstellte. So

[1] Examen critique de l'histoire de la géographie, III, 44.

hat er sich schon vor seiner amerikanischen Reise mit der Zusammensetzung der Luft und dem Einflusse des Bodens auf dieselbe beschäftigt. Er glaubte gefunden zu haben, dass nicht nur humushaltige Erde, sondern auch reine befeuchtete Erden, namentlich Thon, den Sauerstoff der Luft in hohem Grade in sich aufnahmen, und so die darüber befindliche Luft bedeutend ärmer an Sauerstoff wurde.[1] Die mangelhafte Methode der Analyse der durch diese Absorption veränderten Luft mittels des Salpetergaseudiometers (durch Zufügen einer gemessenen Menge Stickoxydgas, welches sich mit dem Sauerstoff der Luft verbindet, und Absorption des Ueberschusses durch Eisenvitriollösungen) führte indess zu so unsichern Resultaten, dass nicht nur andere Forscher, wie Saussure[2] und Berthollet[3], ihre Zuverlässigkeit mit Recht in Zweifel zogen, sondern auch Humboldt selbst nach der Rückkehr von Amerika seine Versuche für sehr ungenau erklärte. Infolge dessen stellte er im Verein mit Gay-Lussac[4] im Jahre 1805 neue „Versuche über die eudiometrischen Mittel und das Verhältniss der Bestandtheile der Atmosphäre“ an. Zuerst versuchten beide Forscher, den Sauerstoff der Luft durch kalt bereitete Lösungen von Schwefelalkalien zu absorbiren (warme Lösungen lieferten ungenauere Resultate). Indess ergaben sich durch die langsamere Wirkung und durch mannichfache Fehlerquellen mehrfache Unzuträglichkeiten. Dann wandten sie sich der auch jetzt noch gebräuchlichen Methode zu, ein bestimmtes Mass des sauerstoffhaltigen Gases mit einem gegebenen, mehr als zureichenden Volumen Wasserstoff zu mischen und das Gemenge durch den elektrischen Funken zu entzünden. Hierbei verbindet sich der Sauerstoff mit dem Wasserstoff zu Wasser, und man kann aus der Volumänderung des Gases auf seinen

[1] Journal de Physique, IV, 323; V, 132. — *Gilbert*, Annalen (1799), I, 501. 509.

[2] *Saussure*, Journal de Phys., IV, 470. — *Gilbert*, Annalen (1799), I, 505.

[3] *Berthollet*, Annal. de Chimie, XXXV, 23. — *Gilbert*, Annalen (1801), VII, 81.

[4] Journal de Physique, LX, 129. — *Gilbert*, Annalen (1805), XX, 38.

Sauerstoffgehalt schliessen. Es wurde definitiv festgestellt, dass bei Mischung von 1 Volumen Sauerstoff mit etwas mehr als 2 Volumen Wasserstoff ersterer sich in der That, wie man schon früher angenommen, mit sehr nahe 2 Volumen des letztern zu Wasser verbindet. Ferner wurde durch sorgfältige Versuche geprüft, welchen Ueberschuss von Sauerstoff oder von Wasserstoff oder auch von Stickstoff oder Kohlensäure man obigem Gemenge zusetzen darf, damit die ganze Menge des letztern sich zu Wasser vereint. Es ergab sich, dass dies noch eintritt, wenn 100 Theilen des Gemenges bis zu 700 Theile Sauerstoff oder Stickstoff oder mehr als 700 Theile Wasserstoff beigemengt sind. Bei grössern Ueberschüssen erfolgte die Verbrennung zu Wasser nicht vollständig, was der hierbei eintretenden Verminderung der Temperatur bei der Verbrennung des Gases zugeschrieben ward. Andere Versuche hatten bewiesen, dass Temperaturveränderungen der Gase auf die Resultate keinen Einfluss haben, und bei sorgfältig angestellten Experimenten der Fehler der Beobachtung nicht viel mehr als 0,001 des Sauerstoffgehalts der Gase betragen konnte. Es wurden nun je 200 Theile Luft, die unter den verschiedensten Bedingungen gesammelt waren, bei feuchtem, bei trockenem Wetter, und bei den verschiedensten Windesrichtungen, mit 200 Theilen Wasserstoff vermischt und detonirt. Stets ergab sich dabei der Sauerstoffgehalt der Luft unveränderlich zu 20,9—21 Volumenprocenten; ja dasselbe Resultat lieferte Luft, welche am Anfange, in der Mitte und am Ende einer Vorstellung im Théatre français aufgefangen war. Man durfte hiernach den Gehalt der Luft an Sauerstoff als fast unveränderlich ansehen: ein Resultat, welches sehr nahe auch durch neuere Versuche bestätigt ist.

Frühere Physiker hatten gemeint, die Atmosphäre könnte Wasserstoff enthalten, der durch seine gelegentliche Verbindung mit dem Sauerstoff zur Bildung von Feuermeteoren Veranlassung geben dürfte. Humboldt und Gay-Lussac haben diese Annahme vollständig widerlegt, indem sie zeigten, dass ein Gemisch von 20 Theilen reinen Sauerstoffs und 80 Theilen Stickstoff

genau dieselben Resultate beim Verbrennen mit Wasserstoff ergab wie die Luft. Die Beobachtungsfehler waren hierbei so gering, dass sich höchstens ein Gehalt der Luft an $^{1}/_{1000}$ Wasserstoff der Beobachtung entziehen konnte. Selbst reiner Sauerstoff musste aber mehr als $^{6}/_{100}$ Wasserstoff enthalten, um noch entzündet werden zu können.

Die Versuche Humboldt's über den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre[1], bei denen er die Veränderung eines gemessenen Volumens Luft bei Schütteln derselben mit Ammoniak oder Kalkwasser in einem unten zu einer Kugel erweiterten, oben calibrirten, fest zu verschliessenden hakenförmigen Rohre, einem Anthrakometer bestimmte, dürften auf Genauigkeit keinen Anspruch machen. Er fand in der gemässigten Zone im Mittel 0,015 Theile Kohlensäure in der Luft; das Maximum betrug 0,018, das Minimum bei Regen und bewölktem Himmel 0,005 Theile, ein Werth, der jedenfalls nicht richtig ist, da nach neuern Erfahrungen der Kohlensäuregehalt der Luft etwa $^{4}/_{1000}$ beträgt.

Andere physikalische Beobachtungen ergaben sich Humboldt mehr gelegentlich. So bestätigte er schon früher bei Gelegenheit seiner Versuche über die gereizte Muskelfaser[2] den wichtigen Versuch, den ihm Ash im Jahre 1790 mittheilte, nach welchem die Berührung verschiedener Metalle die Oxydation derselben wesentlich befördert.[3] Es war dies eine der ersten Andeutungen der chemischen Wirkungen des galvanischen Stromes, welcher sich bei dem Contact der Metalle und der auf ihnen condensirten Feuchtigkeit bildet, letztere zersetzt, und so auf dem einen der beiden Metalle oxydirende Bestandtheile der Flüssigkeit abscheidet.

---

[1] Versuche über die chemische Zerlegung des Luftkreises (Braunschweig). — Auszug in *Gilbert*, Annalen (1800), III, 77.

[2] Gereizte Muskelfaser, S. 472. 474.

[3] Schon *Priestley* beobachtete Aehnliches. Versuche und Beobachtungen (Leipzig 1780), S. 119. — *Gilbert*, Annalen, IV, 436.

Auch auf der Reise versäumte Humboldt nie, jede Naturerscheinung, die sich ihm gelegentlich darbot, zu erfassen und mit klarem Blick und nüchternem Verstand auf ihre einfachsten Ursachen zurückzuführen. Besonders hervorragend sind in dieser Beziehung seine Beobachtungen über die Zunahme und Stärke des Schalls in der Nacht.[1] Humboldt hatte bemerkt, dass in der heissen Zone das Gebrüll der Vulkane Cotopaxi und Guacamayo in der Nacht viel lauter ertönt als am Tage, und dass diese Steigerung des Schalls auf dem Meere geringer ist als auf ebenen Landstrecken, auf diesen aber stärker als auf dem Rücken der Andes in 3000 Fuss Höhe.

Aehnliche Beobachtungen machte er in der Ebene um die Mission Aturés, wo er das Rauschen der über eine französische Meile entfernten grossen Wasserfälle des Orenoco des Nachts dreimal lauter hörte als am Tage. Durch eine scharfsinnige Discussion aller Beobachtungen ergründete Humboldt die Ursache dieser auffallenden Erscheinung, die man zuerst wol auf die grössere Ruhe der Thiere und auf das Aufhören des Rauschens der Blätter in den windstillen Nächten zurückführen mochte. Doch beide Gründe sind nach Humboldt nicht entscheidend; im Gegentheil ist das Summen unzähliger Insekten und Mosquitos des Nachts viel stärker als am Tage; ebenso hört des Nachts das Rauschen der vom Winde bewegten Blätter keineswegs auf. Wol aber sind es die Temperaturverhältnisse des Bodens und der Luft, welche jene Erscheinung bedingen. Am Tage erhitzt die Sonne die unbedeckten Stellen des Bodens viel bedeutender als die mit Rasen bedeckten. So steigt die Temperatur des Sandes in den Llanos um 2 Uhr nachmittags bis zu 52,5 und sogar bis zu 60° R., während im Schatten der Bäume die Temperatur nur 36,2° und die Temperatur der Luft in der Sonne, 18 Zoll vom Boden, auch nur 42,5° beträgt. So bilden sich in den untern Schichten der Atmosphäre am Tage

[1] Vortrag in der Akademie von Paris am 13. März 1820. — *Gilbert*, Annalen (1820), LXV, 31.

abwechselnde, von den ungleich erwärmten Stellen des Bodens ausgehende Ströme aufsteigender heisser und kälterer Luft; das ganze Luftmeer theilt sich an verschiedenen Stellen in Schichten von sehr ungleicher Temperatur und Dichtigkeit. An den Grenzen dieser Schichten werden aber die Schallwellen vielfach reflectirt und gelangen so in geringerer Stärke zum Ohre des Beobachters. Des Nachts erkaltet der Boden in den Llanos bis auf 24° R., die Temperatur der Luftschichten über demselben wird gleichmässiger, die Strömungen ungleich erwärmter Luft verschwinden mehr und mehr, und die Schallwellen pflanzen sich ungehemmter in grösserer Stärke fort. Je verschiedener die Temperaturen einzelner Stellen des Bodens sind, desto grösser müssen die Ungleichheiten der bei Tage sich darüber erhebenden verschieden dichten Luftströmungen, desto stärker muss die Schwächung des Schalls sein. So ist der Unterschied der Stärke des Schalls bei Tag und bei Nacht geringer über der gleichförmigen Meeresfläche als über dem mannichfach gestalteten Lande; er ist in den Tropen grösser als in der gemässigten Zone, grösser in der Ebene als auf der Höhe der Berge, wo überhaupt die Temperaturunterschiede an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten geringer werden.

3.

Meteorologie.

Von

H. W. Dove.

Es gibt physikalische Disciplinen, deren Geschichte eine so systematische Entwickelung zeigt, dass man über die unbewusste Consequenz der sich allmählich läuternden Vorstellungen erstaunen muss. Die Fortschritte der Elektricitätslehre beruhen in dieser Beziehung darin, dass man an die Stelle der Nichtleiter, die man zuerst als der elektrischen Erregung allein fähig hielt, die Leiter setzte, und zwar zuerst als Mittel der Steigerung des an den Nichtleitern Erregten, dann als selbständige Erreger. Die Hinzufügung des ersten Leiters zu den zwei erregenden Nichtleitern führte zur Elektrisirmaschine, die Vertauschung eines der noch bleibenden Nichtleiter mit einem Leiter zur elektrischen Flasche, die Beseitigung des letzten Nichtleiters zur galvanischen Kette, welcher, um sie constant zu machen, schliesslich ein vierter Leiter hinzugefügt wurde.

Solch systematisches Fortschreiten tritt aber vorzugsweise nur in den eigentlich experimentellen Untersuchungen hervor, viel weniger in den Disciplinen, welche überwiegend auf Beobachtungen gegründet sind. Hier ergänzt oft ein glücklicher Zufall eine lange gefühlte Lücke. Auch ist von wesentlicher Bedeutung der Ort, wo die Beobachtungen angestellt werden.

Eine ungünstige Lage desselben kann die zu lösenden Probleme in auffallender Weise compliciren, ja verhindert oft die Auffindung wesentlicher Grundbestimmungen. Welchen Aufwandes geistiger Arbeit hat es bedurft, von der geocentrischen Stellung in die heliocentrische sich hineinzudenken, um die Planetenbahnen zu entziffern, d. h. die Schwierigkeit zu besiegen, ein aufgeschlagenes Buch zu lesen, wenn das Auge sich in der Ebene der Blätter befindet! Was kann die Ausstattung einer Sternwarte mit Instrumenten grösster optischer Kraft nützen, wenn der Himmel durch dauernde Nebel verhüllt ist! Scheiterte nicht daran die Möglichkeit, das russische Dreiecksnetz bis zum Nordcap fortzuführen? Noch einflussreicher ist die Localität, wenn es sich um Probleme der Physik der Erde handelt. Dem Astronomen bringt die Drehung der Erde um ihre Axe allmählich die verschiedenen Theile des Himmelsgewölbes zur Anschauung, während der Physiker stets auf den beschränkten Theil seines Horizontes angewiesen ist. Was daher in der Astronomie durch eine einzige Station geleistet werden kann, dazu bedarf es bei der Physik der Erde eines über ihre Oberfläche so gleichförmig wie möglich ausgespannten Beobachtungsnetzes. Die Geburtsstätte der Meteorologie ist Europa, von dessen Klima man gesagt hat, dass es das Aprilwetter der ganzen Erde darstelle. Was kann auf einer solchen Station, solange sie allein wirkt, geleistet werden?

Die Bedeutung Humboldt's für die Meteorologie beruht nun im wesentlichen darauf, dass er zuerst tropische Witterungsverhältnisse zum Gegenstand umfassender messender Beobachtungen machte, dass er dadurch die Wissenschaft von den beschränkten Eindrücken befreite, unter welchen sie ihre Kindheit verlebt, und durch die Darstellung der unmittelbar in die Anschauung tretenden Gesetzmässigkeit tropischer Witterungserscheinungen die damals von nur wenigen getheilte Ueberzeugung befestigte, dass auch in höhern Breiten eine solche vorhanden, wenn auch durch überwiegende Störungen verdeckt sei, und zwar so bedeutend verdeckt, dass erst hier als Ergebniss der Be-

rechnung vieljähriger Beobachtungen sich ergebe, was dort zu unmittelbarer Anschauung hervortrete. Auch hat er zuerst durch seine isothermische Darstellung der Verbreitung der Wärme auf der Oberfläche der Erde gezeigt, in welcher Weise solche Arbeiten durchzuführen seien.

Vor Humboldt's Ankunft in Südamerika war von den klimatischen Verhältnissen der Tropen bereits das, was sich durch unmittelbare, nicht durch Messinstrumente unterstützte Anschauung ermitteln lässt, mit genügender Sicherheit festgestellt. Die nur an den Küsten modificirte, auf dem freien Meer fast unveränderte Richtung des Passats, der Wechsel des Monsoons im Indischen Ocean, die stürmische Aufregung der sonst nur regelmässig bewegten Atmosphäre in den an bestimmten Stellen der Tropen auftretenden Hurricanes und Typhons waren den Seefahrern bekannte Erscheinungen, deren meisterhafte, die verschiedenen Oceane umfassende Darstellung wir Dampier verdanken, den die Engländer in gerechtem Nationalstolz noch heute den König der Seefahrer nennen. Auch war man nicht stehen geblieben bei der empirischen Feststellung der Thatsachen. Nachdem Halley im Jahre 1685 bereits, aber ohne Erfolg, versucht hatte, die östliche Ablenkung des Passats auf mechanische Principien zurückzuführen, gelang dies 1735 in vollem Masse Hadley, der den Einfluss der Rotation der Erde auf die Richtung der auf ihr sich bewegenden Luftmassen principiell feststellte und die Nothwendigkeit der Compensation entgegengesetzter Luftströme für die Erhaltung der gleichbleibenden Tageslänge hervorhob. Die constante Richtung des Passats konnte aber nach dem Hadley'schen Princip nur dann hervortreten, wenn eine constant bleibende Ursache am Aequator vorhanden war, welche das Zuströmen der Luft von beiden Erdhälften nach ihm hin veranlasste. Diese wies nun eben Humboldt darin nach, dass da, wo im Atlantischen Ocean die Jahreswärme ihren grössten Werth erreicht, die jährliche Veränderung fast vollkommen verschwindet, die primäre jene Bewegung hervorrufende, in einem niedrigen barometrischen Jahres-

mittel sich aussprechende Ursache also das ganze Jahr hindurch unverändert bleibt.

Wäre Humboldt nicht verhindert worden, seinen ursprünglichen Reiseplan, von Amerika aus Hindostan zu besuchen, auszuführen, so würde ihm die Bedeutung der jährlichen Periode ebenso in ihrer ausgeprägtesten Gesetzmässigkeit zur Anschauung gekommen sein, wie in Westindien die des Jahresmittels. Die Frage, warum im tropischen Asien an die Stelle des constanten Passats der Monsoon (der Wind der Jahreszeiten) tritt, hätte dann von ihm schon beantwortet werden können.

Die geringe Verschiebung der Gegend der Windstillen in der jährlichen Periode spricht sich aber in Westindien in entschiedener Weise darin aus, dass das Jahr in der Sprache der Indianer am Orenoco in eine Zeit der Sonnen und in eine der Wolken zerfällt. Von diesen Regen hatten Varenius und Dampier bereits gezeigt, dass sie der Sonne folgen, in dem nördlichen Theile der heissen Zone also in unserm Sommer eintreten, in der südlichen in unserm Winter. Wie sich dieses Eintreten auch local als ein Heraustreten aus dem Gebiet des Passats in die Gegend der Windstillen darstellt, hat Humboldt in einer besondern Abhandlung: „De l'influence de la déclinaison du soleil sur le commencement des pluies équatoriales“ lebendig geschildert. Hierher gehört ferner die berühmte Schilderung des Thierlebens in den Llanos von Südamerika („Ueber Steppen und Wüsten“ in den „Ansichten der Natur“, 3. Aufl., S. 26—32), wenn mit dem Eintreten der Regen die heisse staubige Erde des überhitzten Bodens sich in eine üppige Grasflur wie mit einem Zauberschlag verwandelt und schliesslich die an die Ströme grenzenden Theile der Steppe wie ein unermessliches Binnenwasser erscheinen, in welchem die in der ersten Jahreshälfte auf dem wasserleeren Boden vor Durst verschmachtenden Thiere als Amphibien zu leben gezwungen sind.

Man hat die Nacht den Winter der Tropen genannt, und in der That verändert sich am Aequator, wo die Sonne senk-

recht vom Horizont aufsteigt, die Einstrahlung innerhalb der täglichen Periode in viel höherm Masse, als die tägliche mittlere Insolation durch die geringe Veränderung der Mittagshöhe der Sonne in der jährlichen Periode. Die gleichbleibende Tageslänge bewirkt ausserdem, dass die Maxima der Insolation und des ihr entgegenwirkenden Effects der Ausstrahlung das ganze Jahr hindurch auf dieselbe Zeit innerhalb der täglichen Periode fallen, während umgekehrt am Pol, wo die Sonne in einer fast unmerklich gegen den Horizont geneigten Spirale aufsteigt, die tägliche Periode so gut wie vollständig in der jährlichen aufgeht. Daraus erklärt sich das Gewicht, welches Humboldt in allen seinen meteorologischen Arbeiten auf die tägliche Periode legte, daraus ferner die Bedeutung, die er dem von Saussure zuerst erkannten Courant ascendant zuschreibt. Für die tägliche Oscillation des Barometers, ein in unsern Breiten gegen die durch die Windesrichtungen bedingten grossartigen Schwankungen des Luftdrucks fast verschwindendes Phänomen, begeisterte er sich daher in auffallender Weise und widmete ihrer Feststellung eine so erfolgreiche Ausdauer („Voyage aux régions equinoxiales", X, 330—478), dass gegen das, was er leistete, die vereinzelten Bemerkungen seiner Vorgänger Gudin, Chanvallon, Mutis, Alzate, Lamanon in der That geringfügig erscheinen. Eben weil er überall das Gesetzmässige in seiner unmittelbaren Darstellung suchte, fesselte die sogenannte atmosphärische Ebbe und Flut seine Aufmerksamkeit in viel höherm Masse als die des tropfbaren Meeres, dessen Gestaltänderungen nicht der Ausdruck einer einzigen wirkenden Ursache sind, sondern das Ergebniss der Zusammenwirkung zweier.

Eine Hauptseite der Humboldt'schen Beobachtungen bildet ferner die Beantwortung der von Deluc und Saussure zuerst in den Vordergrund gestellten Frage: welche Veränderungen erfährt das an der Grundfläche des Luftmeeres Wahrgenommene, wenn wir uns in die höhern Regionen desselben erheben? Durch Einführung der isothermen Flächen in die Betrachtung der Temperatur der Atmosphäre fand er die Grundlage für die

allmähliche Erhebung der Pflanzengrenzen am Abhang der Gebirge, wenn wir uns von den Polen dem Aequator nähern, und die Bedingungen dafür, dass die die Vegetation nach oben hin abschliessende Schneegrenze an bestimmten Stellen der Erdoberfläche erhebliche Anomalien zeigt („Sur les montagues de l'Inde." [Annales de chimie et de physique, XIV, 5] und „Asie centrale", III, 281). Auch zeigte er, dass nicht, wie man es bisher angenommen hatte, die Wärmeabnahme gleichförmig erfolge, sondern sich an den Anden zwischen 1000 und 2000 Metern verlangsame. Die in höhern Luftregionen hervortretenden Erscheinungen werden aber wesentlich bedingt durch die Beschaffenheit der Grundfläche, auf welcher die Atmosphäre ruht. Auf die Ermittelung dieser waren Humboldt's Beobachtungen ununterbrochen gerichtet. Aus diesen Arbeiten ergab sich als vorher unermittelte Thatsache der wesentliche Unterschied, welcher plateauartige Erhebungen von isolirt aufsteigenden Bergspitzen unterscheidet, und zwar in Bezug auf Wärme, relative Feuchtigkeit und Durchsichtigkeit der Atmosphäre, für die niedrigen Theile der Grundfläche aber der Einfluss warmer und kalter Meeresströmungen auf die klimatischen Verhältnisse ihrer Umgebung. Mit Recht hat man daher der peruanischen Küstenströmung den Namen des Entdeckers ihrer niedrigen Temperatur gegeben.

Durch einen glücklichen Zufall erstreckten sich Humboldt's Untersuchungen aber auch auf Erscheinungen, welche, obgleich sie in der Atmosphäre hervorteten, doch ursprünglich kosmischen Ursprungs sind. Seine Sternschnuppen-Beobachtungen in der Nacht vom 11. zum 12. Nov. 1799 in Cumana wurden der Ausgangspunkt für die Feststellung einer schliesslich entschieden erwiesenen Periodicität dieser Erscheinungen, von welcher man früher keine Ahnung hatte, sodass diese Meteore streng genommen aus dem Gebiet der Meteorologie in das der Astronomie übergehen.

Den Wunsch, Asien in den Kreis seiner Beobachtungen aufzunehmen, konnte Humboldt erst 1829, also ein Vierteljahrhundert nach seiner amerikanischen Reise verwirklichen; aber

diesmal war es die gemässigte Zone, nicht die heisse, die er zum Gegenstand seiner Untersuchung machte, da in der Zwischenzeit die tropische bereits auch dort näher erforscht worden war. Durch diese Reise gewann Humboldt die unmittelbare Anschauung des Gegensatzes, welchen er in seinen klimatologischen Arbeiten als Continental- und Seeklima bezeichnet hatte, und zwar in dem Gebiete, wo er, verglichen mit seiner europäischen Heimat, am schroffsten hervortritt. Hier steigert sich nämlich die von ihm durch Vergleichung der Westküsten Europas mit den Ostküsten Amerikas erkannte Krümmung der Isothermen zu einem von ihm vorher nicht geahnten Extrem.

In der Zwischenzeit hatte sich die Wissenschaft aber wesentlich umgestaltet. Das durch die amerikanische Reise gegebene Beispiel hatte zur Folge gehabt, dass auch andere bisher wenig erforschte Erdgebiete in den Kreis der Untersuchung gezogen worden waren, worüber wir hier einige Bemerkungen einschalten müssen, denn die Bedeutung Humboldt's liegt nicht allein in dem, was er selbst beobachtete, sondern wesentlich auch in dem, wozu er die anregende Veranlassung wurde.

Die im Jahr 1807 veröffentlichten Ideen zu einer Geographie der Pflanzen nebst einem Naturgemälde der Tropenländer wurden zunächst die Veranlassung zu der meisterhaften Darstellung der Fauna und Flora Südamerikas, wie sie Martius von Brasilien und Pöppig von Chile gab, während Boussingault in Verbindung mit hypsometrischen Messungen die Untersuchungen Humboldt's über die Wärmeabnahme nach der Höhe wesentlich vervollständigte. Humboldt's Nachweis, welchen bedeutenden Einfluss die Meeresströmungen auf die Witterungsverhältnisse des auf dem Ocean ruhenden Luftmeeres äussern, wurde zu gleicher Zeit die Veranlassung, dass in den von der französischen Regierung veranstalteten Weltumsegelungen die Bestimmung der Meereswärme einen hervorragenden Theil der sie begleitenden Instructionen bildete. Das wesentliche Verdienst, welches er besonders um die Feststellung der hohen Temperatur des Golfstroms sich erworben, ist ersichtlich aus den in *Berghaus*, „Allgemeiner

Länder- und Völkerkunde", I, 498, veröffentlichten, dem Verfasser mitgetheilten handschriftlichen Arbeiten Humboldt's.

Den bedeutendsten Einfluss auf die Ausdehnung meteorologischer Beobachtungen hatten aber Humboldt's Untersuchungen über den Magnetismus der Erde, denn sie waren es, welche schliesslich veranlassten, dass auch die Polargegenden und die südliche Erdhälfte in den Kreis der Untersuchungen gezogen und an weit voneinander entfernten Punkten, zunächst durch das russische und englische Gouvernement, Observatorien gegründet wurden, welche auch die täglichen und jährlichen Veränderungen der meteorologischen Instrumente zum Gegenstand ununterbrochener Beobachtungen machten. Die von Lamanon 1785—87 auf der Reise von Lapérouse angestellten Beobachtungen hatten die Verminderung der magnetischen Erdkraft bei Annäherung an den Aequator gezeigt, aber sie waren nicht veröffentlicht worden und daher völlig unbekannt geblieben. Der Erforschung dieser Aufgabe, die er als eine noch gar nicht in Angriff genommene ansehen musste, widmete Humboldt sich mit der grössten Energie. Die Auffindung der Stelle der geringsten magnetischen Intensität an der Oberfläche der Erde musste natürlich den Wunsch erregen, auch die Stellen aufzufinden, wo diese ihren grössten Werth erreicht, ein Problem, dessen theoretische Begründung Hansteen zu geben versuchte, während die Engländer die Vertheilung der magnetischen Kraft in der Nähe des sogenannten magnetischen Nordpols in Nordamerika zum Gegenstand ihrer arktischen Unternehmungen machten und schliesslich infolge der Gauss'schen Theorie des Erdmagnetismus dasselbe für die südliche Erdhälfte zu leisten unternahmen. Da die Ergebnisse der magnetischen Untersuchungen nicht der Meteorologie als solcher angehören, so wollen wir eben hier nur hervorheben, dass die stündlichen meteorologischen Beobachtungen der auf Humboldt's Anregung gegründeten Hauptstationen Nertschinsk, Barnaul, Jekatherinenburg, Tiflis, Petersburg, Helsingfors, Greenwich, Makerstown, Toronto, St.-Helena, Cap, Bombay, Trevandrum

Kalkutta, Hobarton zuerst für verschiedene Breiten die Correctionselemente lieferten, aus zu beliebigen Stunden angestellten Beobachtungen wahre mittlere Werthe abzuleiten. Dadurch wurde es möglich, die von Humboldt bei äusserst lückenhaftem Beobachtungsmaterial nur skizzirte Vertheilung der Temperatur auf der Oberfläche der Erde auf ein an sichere Anhaltspunkte geknüpftes Beobachtungsnetz zu gründen, und von der so gewonnenen klimatologischen Grundlage aus auch die sogenannten nicht periodischen Veränderungen der Untersuchung zu unterwerfen, nachdem Leopold von Buch in seiner Reise nach den Canarischen Inseln die Brücke gebaut hatte, welche durch die subtropische Zone die Vermittelung bildet zwischen der heissen und der gemässigten.

Aus dem bisher Gesagten geht unmittelbar hervor, dass eine eigenthümliche Schwierigkeit darin liegt, in der Bearbeitung des sich stets erweiternden Materials das noch wiederzuerkennen, was Humboldt ursprünglich zuerst festgestellt hat, und von dem zu unterscheiden, was von andern auf der von ihm gelegten Grundlage weiter aufgebaut wurde.

In dieser Beziehung bleibt es nun Humboldt's unbestreitbares Verdienst, dass er zuerst den Unterschied des solaren und realen Klimas zu durchgreifender Anerkennung brachte, und zwar dadurch, dass er die von Halley für den Magnetismus der Erde angewandte Darstellungsmethode, das Gleiche durch Linien zu verbinden, auf die Verbreitung der Wärme auf der Oberfläche der Erde anwendete und nachwies, dass die Isothermen unter bedeutenden Winkeln die Breitenkreise schneiden, welche für das solare Klima eben die Linien gleicher Wärme sein würden. Allerdings hatte Georg Forster bereits 1794 klar ausgesprochen, dass sowol in der Neuen als in der Alten Welt die Westküsten unter gleicher Breite wärmer seien als die Ostküsten, aber eine wirkliche Darstellung dieser Unterschiede konnte nur auf sichere numerische Data sich stützen. Dafür musste aber Humboldt für die heisse Zone das Material sich schaffen, für die gemässigte von den Fehlern befreien, mit denen

das bereits vorhandene behaftet war. Unterstützt wurde Humboldt dabei dadurch, dass die Manheimer Societät durch die Einführung passender fester Beobachtungsstunden, 7, 2, 9 Uhr, die vage Bezeichnung morgens, mittags und abends zu verdrängen begonnen hatte, aber in der damals vollständigsten Sammlung vorhandener Beobachtungen von Cotte erinnerten viele Stationen noch an die Zeit, wo man das Klima eines Ortes durch die monatlichen oder jährlichen Extreme der Temperatur zu bezeichnen vermeinte. Welche Stunden zu wählen seien, um richtige Tagesmittel zu erhalten, machte Humboldt zum Gegenstand oft lange fortgesetzter stündlicher Beobachtungen. Er zeigte, dass nur der Sonnenuntergang eine dem Tagesmittel annähernde Temperatur gebe, welche genauer durch die Combination von Sonnenaufgang und 2 Uhr und durch das Mittel von 9 und 9 Uhr erreicht werde. Natürlich musste aber, um die Abhängigkeit der Temperatur von Breite und Länge klar hervortreten zu lassen, der störende Einfluss vorher beseitigt werden, welchen die verschiedene Höhe der Stationen erzeugt. Die Wärmeabnahme nach der Höhe zu messen, dazu bieten die mächtigen Erhebungen der Andes die günstigste Gelegenheit bis 3000 Meter Höhe, und die Uebereinstimmung der Grösse der Abnahme mit den von Saussure für die Alpen gefundenen Werthen berechtigte zu der Annahme, dass es verstattet sei, bei der Reduction der Temperatur auf die Meeresfläche sich für verschiedene Breiten derselben Correction zu bedienen. In Beziehung auf die Jahrescurve hob er hervor, dass sie im Frühjahr steiler ansteige, als sie sich im Herbst herabsenke, und dass in der gemässigten Zone der October dem Jahresmittel am nächsten entspreche, näher nämlich als, wie Kirwan behauptet hatte, der April.

Der die Extreme abstumpfende Einfluss der Meeresnähe bewirkt, dass die Wärmeabnahme mit zunehmender Breite im Winter und im Sommer eine wesentlich verschiedene ist. Humboldt macht daher darauf aufmerksam, dass die Linien gleicher Sommerwärme, Isotheren, anders gestaltet sind als die Linien gleicher Winterkälte, die Isochimenen. Diese Linien hat er selbst

nicht entworfen, den Isothermen aber die numerischen Werthe beider extremen Jahreszeiten hinzugefügt, und in den die Abhandlung schliessenden Tafeln für die einzelnen Gebiete der von 5 zu 5° C. fortschreitenden Isothermen auch die Temperatur der Jahreszeiten und des wärmsten und kältesten Monats mitgetheilt. Wir geben am Schlusse dieses Bandes wegen der grossen Seltenheit der Originalabhandlung, die von Humboldt entworfene Karte des Verlaufs der Isothermen im Niveau des Meeres und die Darstellung der isothermen Flächen, welche angeben, in welcher Höhe man in dem Aequator nahen Gegenden die Wärme höherer Breiten im Niveau des Meeres findet. Da in hohen Breiten die Entwickelung der Vegetation sich aber auf einen bestimmten Abschnitt des Jahres beschränkt, so entsprechen die Vegetationsgrenzen, wie Humboldt durch Berchnung der Temperatur der Baum- und Korngrenze in der heissen, gemässigten und kalten Zone zeigt, nicht isothermen Flächen. Ebenso ist nicht, wie man früher angenommen hatte, die Schneegrenze eine dem Frostpunkte entsprechende isotherme Fläche.

Vergleicht man diese anspruchslose Darstellung mit den neuern Karten der Isothermen, so wird man von der Ueberzeugung durchdrungen, wie bedeutend seit dem Jahre 1817, wo die Arbeit Humboldt's in den „Mémoires d'Arcueil" erschien, sich unser Gesichtskreis erweitert hat. Der durch die Polarexpeditionen eröffnete Einblick in die kalte Zone machte es Brewster möglich, die von Humboldt gewählte Aequatorialprojection mit der Polarprojection zu vertauschen und dadurch die Frage anzuregen, an welchen Stellen der Erdoberfläche die niedrigste Jahreswärme sich zeigt. Mit bewundernswerther Ausdauer suchte Kämtz durch empirische Formeln die Wärmeabnahme unter verschiedenen Längen als Function der Breite darzustellen und auf diese Weise die Lücken zu ergänzen, welche die Beobachtungen gelassen hatten. Ebenso wurden die Methoden, aus bestimmten Stunden wahre Mittelwerthe der Tagesmittel zu berechnen, wesentlich verbessert und schliesslich registrirende Instrumente der mannichfachsten Art für diesen Zweck construirt. Allen

diesen Arbeiten wendete Humboldt stets eine eingehende Theilnahme zu, während er selbst in seinem „Centralasien“ den Einfluss der Configuration und Beschaffenheit der Grundfläche der Atmosphäre auf die Temperatur der auf ihr ruhenden Luft näher zu ermitteln suchte, nachdem er in den Abhandlungen in der berliner Akademie von 1827 die Hauptursachen der Temperaturverschiedenheit auf dem Erdkörper in allgemeinen Zügen besprochen hatte. Eine deutsche Uebersetzung seiner ersten in den „Mémoires d'Arcueil“ 1817 veröffentlichten Arbeit erschien 1853 in seinen „Kleinen Schriften“. Im „Kosmos“ fehlt die nähere Besprechung des meteorologischen Theils der Untersuchung. Sie war für den unvollendeten fünften Band vorbehalten.

Von den mittlern Werthen, welche den Charakter des Klimas im grossen Ganzen bezeichnen, musste nun der Rückweg gefunden werden zu der lebensvollen Wirklichkeit atmosphärischer Erscheinungen. Die Nothwendigkeit dieses Rückwegs wurde in der gemässigten Zone desto lebhafter gefühlt, je vollständiger eigentlich meteorologische Fragen unter der Herrschaft der klimatologischen Richtung, welche die Wissenschaft durch die Arbeiten Humboldt's erhalten, zurückgetreten waren. An dieser Umgestaltung, welche in die spätern Lebensjahre Humboldt's fällt, betheiligte er sich selbst nicht. Von ihm rührt aber der Ausspruch her: „Pour découvrir les lois de la nature, il faut, avant d'examiner les causes des perturbations locales, connaître l'état moyen de l'atmosphère et le type constant de ses variations.“ Er konnte sich daher nur freuen, dass er die Grundmauern so fest gelegt, dass er es noch erlebte, das darauf zu errichtende Gebäude sich bereits wenn auch nur allmählich erheben zu sehen.

4.

Geologie.

Von

Julius Ewald.

Humboldt gehört zu denjenigen Naturforschern, welche, ihre geologischen Studien unter dem Einfluss der Werner'schen Lehre beginnend, später die daraus geschöpften Ueberzeugungen vollständig gegen andere vertauscht haben. Er gehört aber auch zu denen, in welchen dieser Wechsel sich nicht auf Anregung der von den Gegnern jener Lehre geltend gemachten Gründe, sondern von innen heraus infolge der Erfahrungen vollzogen hat, welche sie selbst in der Natur zu sammeln Gelegenheit hatten. Die von Humboldt besuchten vulkanischen Gebiete Amerikas waren wie geschaffen, eine solche Wandlung hervorzubringen, deren Anfang von dem Augenblicke, wo er jene Gebiete betrat, zu datiren ist. Um von dem neptunistischen Standpunkt, von dem er ausging, zu dem eines der Hauptvertreter der plutonistischen Richtung zu gelangen, waren mannichfaltige Phasen zu durchlaufen. Bei dieser Verschiedenheit seiner Ansichten in den verschiedenen Perioden seines Lebens liegt es in der Sache, dass man nur dann seine einzelnen Arbeiten zu verstehen und in ihrem Zusammenhange untereinander aufzufassen im Stande ist, wenn man sie in ihrem Ver-

hältniss zu der allgemeinen Entwickelung seiner geologischen Ideen betrachtet. Da, wie bereits erwähnt wurde, seine amerikanische Reise den wichtigsten Wendepunkt in dieser Entwickelung bildet, so werden hier zunächst diejenigen seiner Arbeiten, deren Veröffentlichung jener Reise vorhergegangen ist, abgesondert zu besprechen und dann erst die spätern ins Auge zu fassen sein.

Der Anfang seiner literarischen Thätigkeit auf geologischem Gebiet ist durch die Schrift bezeichnet, welche aus der Zeit seiner mit Georg Forster an den Rhein und nach England unternommenen Reise stammt und unter dem Titel: „Mineralogische Beobachtungen über einige Basalte am Rhein mit vorangeschickten zerstreuten Bemerkungen über den Basalt der ältern und neuern Schriftsteller" (Braunschweig 1790) erschienen ist.

Dieses kleine Werk ist zur einen Hälfte (S. 38—74) archäologisch-mineralogischen Untersuchungen gewidmet. Der Bildungsgang, den Humboldt bisher genommen hatte, war von der Art, dass sich in ihm eine ungewöhnliche Beherrschung der classischen Literatur mit einer den meisten Commentatoren abgehenden Kenntniss der Naturwissenschaften verband, und das Bewusstsein, durch diese Vereinigung vor vielen andern zu jenen Untersuchungen befähigt zu sein, war es, was ihn zu denselben antrieb.

Die Aufgabe, die er zu lösen suchte, bestand darin, die Irrthümer nachzuweisen, welche sich in die Deutung mehrerer aus dem Alterthum überkommenen Mineralbezeichnungen, namentlich der Ausdrücke Basaltes, Basanites, Syenites, Lapis aethiopicus, Lapis lydius und Lapis heraclius, eingeschlichen hatten.

Humboldt hob mit Recht hervor, dass die Mineralbeschreibungen der Griechen und Römer im allgemeinen zu unvollkommen sind, um die Wiedererkennung der von ihnen besprochenen Arten nach den angegebenen Merkmalen allein und ohne die Hülfe zufälliger Nebenumstände möglich zu machen; die hieraus entstehende Verwirrung sei dadurch noch vermehrt worden, dass die Mineralogen sich bald mehr nach den Clas-

sikern selbst, bald mehr nach den Commentatoren des 16. Jahrhunderts gerichtet hätten. Nachdem er, auf die ersten Quellen zurückgehend, daran erinnert hat, dass der Name Basaltes in den aus dem Alterthum erhaltenen Schriften nur einmal vorkommt, nämlich in der Stelle des Plinius, wo es heisst: „Invenit eadem Aegyptus in Aethiopia, quem vocant Basalten, ferrei coloris atque duritiae“, führt er zunächst aus, dass, wenn man versucht habe bald dieses, bald jenes der andern obengenannten Mineralien mit dem Basaltes zu identificiren, die Gründe hierfür als völlig unzureichend bezeichnet werden müssen.

So habe man die Meinung aufgestellt, der Basaltes des Plinius sei nichts anderes als der Basanites desselben Autors (eine Meinung, welche auch nach der Veröffentlichung der Humboldt'schen Untersuchung vielfach ausgesprochen worden ist, indem zugleich angenommen wurde, dass in der oben angeführten Stelle des Plinius der Name Basaltes nur durch Corruption aus Basanites entstanden sei); indess vom Basanites, sagt Humboldt, sei allein bekannt, dass er zur Prüfung des Hämatites gedient und wegen seiner ausserordentlichen Härte vortreffliche Mörser gegeben habe. Wie könne man nach so unvollkommenen Kennzeichen auf die Aehnlichkeit desselben mit einem Steine schliessen, von dem wir auch nichts wissen, als dass er eisengrau und hart ist!

So habe die Nennung Aethiopiens in der citirten Stelle Veranlassung gegeben, das Gestein, welches die Alten als Lapis aethiopicus bezeichneten und welches allgemein für einen echten Basalt gehalten werde, mit dem Basaltes des Plinius zu vereinigen, und doch spreche ausser dem gemeinsamen Vorkommen in einem und demselben Lande nichts für diese Vereinigung.

So habe der Umstand, dass die Stadt Syene, der Fundort des Syenites der Alten, nahe an der Grenze Aethiopiens gelegen ist, schon früh den Glauben erzeugt, dass auch diese Felsart mit dem Basaltes übereinstimme, einen Glauben, der durch irrthümliche Auslegung von Aeusserungen Agricola's bestärkt

worden sei; und doch unterliege es keinem Zweifel, dass der Syenites der Alten, mit welchem das in der heutigen Petrographie so benannte Gestein nicht verwechselt werden dürfe, ein Granit sei, was schon allein aus der Angabe, dass die Obelisken daraus verfertigt wurden, mit Sicherheit hervorgehe.

So habe sogar Hill den Lapis lydius, der ein entschiedener Kieselschiefer sei, mit dem Basaltes des Plinius für identisch erklären wollen, obgleich hierfür in keiner Weise ein Anhalt bestehe.

Nach Absonderung aller dieser dem Gegenstande fremder Namen, so argumentirt Humboldt weiter, bleibe ausser jener Stelle, worin Plinius vom Basaltes handelt, doch noch eine andere übrig, von der die meisten neuern Autoren, allerdings irrthümlich, vorausgesetzt hätten, dass sie auf dasselbe Gestein Bezug habe. Es ist diejenige bei Strabo, in welcher vom Säulenstein bei Philä in Aegypten die Rede ist.

Derselbe Irrthum werde zwar dem Agricola, welcher den Namen Basalt für das von uns heute so bezeichnete Gestein einführte, schuld gegeben, doch habe dieser, als er die bei Stolpen in Sachsen von ihm beobachtete Gebirgsart bei den Classikern aufsuchte, den philischen Säulenstein wol mit dem Basaltes des Plinius und dem säulenförmig abgesonderten Gestein von Stolpen verglichen, nicht aber damit für identisch gehalten, sondern scharfsinnig für den Syenites der Alten erkannt. Durch die Nachrichten des Engländers Pococke sei es später bestätigt worden, dass der philische Stein nichts anderes als ein in Säulen abgesonderter, äusserlich schwarz gewordener Granit sei.

Was nun aber die Frage betrifft, ob der Basaltes des Plinius mit dem Gestein identisch sei, welches Agricola und nach ihm die neuern Mineralogen als Basalt bezeichnen, so weist Humboldt darauf hin, dass zur Beurtheilung eines von den Alten erwähnten Gesteins ausser den hervorgehobenen Eigenschaften und der Bezeichnung des Fundorts auch die Anführung der

daraus verfertigten Kunstwerke Berücksichtigung verdiene. Während die uns aufbewahrten Angaben der beiden ersten Kategorien die Identität beider Gesteine unsicher liessen, werde die Unsicherheit zur Unwahrscheinlichkeit, wenn man auf die Kunstwerke achtete, welche aus dem Basalte hergestellt worden sein sollen. Diese selbst seien zwar nicht erhalten; aber unser Basalt würde sich auf keine Weise zu plastischen Arbeiten, wie die symbolische Vorstellung von dem Steigen und Fallen des Nils gewesen sein muss, verwenden lassen. Die Unwahrscheinlichkeit der Identität beider Gesteine werde durch die Erwägung noch gesteigert, dass, wenn Plinius' Basaltes mit unserm Basalt identisch wäre, der römische Autor auch das Vorkommen desselben in Italien und Frankreich erwähnt haben würde.

Jedenfalls sei man zwei Jahrhunderte lang im Irrthum gewesen, wenn man apodiktisch unsern Basalt für den Basaltes der Alten erklärte.

Schliesslich widerlegt Humboldt noch in einem besondern Abschnitte die Behauptung Widenmann's, dass die λίϑος ἡρακλεία, welche nach Theophrast zum Poliren des Silbers gebraucht wurde, ein Basalt der neuern Mineralogen sei. Dass unser Basalt zu diesem Zwecke angewandt werden könne, sei kein Beweis dafür. Was die Alten unter Lapis heraclius verstanden haben, sei bald der eigentliche Probirstein, Silex schistosus Werner, bald der magnetische Eisenstein, Ferrum magnes Lin., gewesen.

Man wird diese Auseinandersetzungen nicht aus der Hand legen, ohne die umsichtige Kritik des erst einundzwanzigjährigen Autors anzuerkennen, welche nicht allein dazu beigetragen hat, manche unfruchtbare Streitigkeit über den von ihm besprochenen Gegenstand abzuschneiden, sondern auch überhaupt eine rationellere Behandlung der durch die Angaben der Alten hervorgerufenen mineralogischen Fragen einzuführen.

Humboldt hat auch nachmals ähnliche Untersuchungen vielfach angestellt. Er betrachtete kein plastisches Kunstwerk, ohne

es zugleich auf den Stoff, aus dem es verfertigt war, zu prüfen. So sammelte er in Beziehung auf die Beschaffenheit und die Abstammungsorte dieser Stoffe einen Schatz von Erfahrungen, von dem zu bedauern ist, dass er ihn nicht während seiner spätern Lebensjahre durch Aufzeichnung festgehalten und zugänglich gemacht hat.

Der zweite Theil des Werkchens handelt vom Basalt in der neuern Bedeutung des Wortes. Hier war Humboldt genöthigt, in dem Kampfe, welcher damals von den Neptunisten und Vulkanisten über die Entstehungsweise dieser Gebirgsart mit grosser Heftigkeit geführt wurde, Partei zu ergreifen.

Als er seine Schrift veröffentlichte, befand sich Werner, der den Basalt für eine allgemeine vom Wasser abgesetzte Formation ansah, auf dem Gipfel seines Einflusses. Humboldt hatte ihn noch nicht gehört, besass aber eine hohe Meinung von den Verdiensten desselben um die mineralogischen Disciplinen und namentlich um die Formationslehre, durch welche die wissenschaftliche Behandlung der Geologie begründet worden war. In Beziehung auf die Entstehungsweise des Basalts trat er der Werner'schen Ansicht um so eher bei, als er für die Annahme derselben neue Gründe in verschiedenen der am Rhein von ihm angestellten Beobachtungen erkennen zu müssen glaubte.

In den Basalten des unkeler Steinbruchs, den Humboldt als eine der grössten mineralogischen Merkwürdigkeiten unsers deutschen Vaterlandes bezeichnete, hatte man, wie ihm versichert wurde, kleine blasige Höhlungen mit klarem Wasser angefüllt gefunden. Er glaubte sich an Ort und Stelle überzeugt zu haben, dass diese Basalte zu dicht seien, um ein etwaiges Eindringen des Wassers von aussen her zu gestatten, und glaubte die Frage, wie es dennoch hineingekommen sei, in einer für die neptunistische Ansicht von der Entstehungsweise des Basalts günstigen Weise beantworten zu müssen. In einer besondern darauf bezüglichen Abhandlung, welche er in *Crell's* „Chemischen Annalen“ vom Jahre 1790 abdrucken liess, äusserte

er: „Als die Basaltmasse noch weich war, trockneten wahrscheinlich die äussern Theile der Masse geschwinder ab und die Wasser blieben in der erhärteten Rinde eingeschlossen." Die Laven, welche Collini und de Luc bei Unkel sahen, sagt Humboldt („Ueber den Basalt" S. 117), habe er daselbst nicht bemerken können, überhaupt nichts, was auf vulkanische Wirkungen hätte schliessen lassen. Zwar finde sich dort mit dem dichten Basalt auch ein poröses Gestein, doch könne Porosität auch durch Verwitterung hervorgebracht werden.

Eine andere Beobachtung, welche Humboldt als eine Bestätigung der neptunistischen Ansicht vom Ursprunge des Basalts betrachtete, war die eines Vorkommens in geringer Entfernung von Linzhausen, wo er eine säulenförmige Basaltmasse von einem horizontal ausgebreiteten Basaltlager bedeckt gefunden hatte. „Das sonderbare Gebirge", sagt er, „ist höher als alle danebenliegenden Basaltklippen. Wäre es daher nicht glaublich, dass jenes ebensöhlige Lager sich ehemals über die ganze Gegend erstreckte und nur durch zufällige Revolutionen auf den jetzt niedrigern Bergen zerstört wurde? Diese Vermuthung stimmt mit Hrn. Werner's scharfsinniger Theorie überein, nach der vormals ein grosser Theil der Erdoberfläche mit einer Basaltschicht bedeckt war."

Indess darf nicht übersehen werden, dass, wie aus einer Menge von Stellen des Humboldt'schen Werkchens hervorgeht, der Autor desselben die Werner'sche Lehre nicht mit demselben Enthusiasmus ergriffen hatte, wie viele Anhänger des freiberger Geologen.

So gesteht er auf S. 14 zu, dass das Ende des über die Entstehungsweise des Basalts geführten literarischen Zwistes, an welchem die grössten Mineralogen Antheil nähmen und welcher immer als ein schönes Denkmal des menschlichen Scharfsinns werde angesehen werden müssen, vielleicht noch fern sei.

Und auf S. 105 lesen wir die Worte:

„Welcher Hypothese man auch seinen Beifall gibt, man mag sich mit Hrn. von Veltheim in den Schlund eines Vulkans

versetzen, man mag den Basalt mit Hrn. von Dolomieu als eine ausgeworfene Lava oder mit Hrn. Werner als eine abgetrocknete Masse betrachten (denn alles ist gleich gross und unbegreiflich!), so muss der Anblick der unkeler Steinhöhle einen tiefen, schwer verlöschenden Eindruck hinterlassen."

Es wird aus solchen Aeusserungen ersichtlich, dass Humboldt, wenn er auch, die Gründe für die neptunistische und vulkanistische Hypothese von der Entstehung des Basalts gegeneinander abwägend, den erstern den Vorzug einräumte, doch die darauf bezüglichen Streitfragen keineswegs für endgültig beantwortet ansah, sondern die Entscheidung darüber erst von der Zukunft erwartete. Es scheint sogar, dass er zur Zeit als er seine Schrift über den Basalt herausgab, den Argumenten des Vulkanismus um etwas zugänglicher gewesen sei oder doch sie weniger entschieden von sich abgewiesen habe als in den unmittelbar darauf folgenden Jahren, wo die persönliche Einwirkung, die Werner auf alle seine Schüler übte, sich auch bei ihm geltend gemacht hatte.

Im Jahre 1799 liess Humboldt, der inzwischen die Bergakademie zu Freiberg besucht hatte, in den *von Moll*'schen „Jahrbüchern der Berg- und Hüttenkunde" (Bd. III.) eine Abhandlung drucken, welche nicht weniger als die über den Basalt geeignet ist, seine damalige Anschauungsweise sowie den Standpunkt der Geologie am Ende des vorigen Jahrhunderts hervortreten zu lassen. Diese Abhandlung führt den Titel: „Entbindung des Wärmestoffs als geognostisches Phänomen betrachtet." Aus einer zu derselben hinzugefügten Note, welche entweder von Humboldt selbst geschrieben oder doch von ihm veranlasst ist, ergibt sich zwar, dass sie ihren Hauptzügen nach seit 1792 aufgezeichnet war und dass ihre Bekanntmachung sich durch Reisen sowie durch physiologische Beschäftigungen des Verfassers verzögert hatte; indess geht aus der Zeit ihres spätern Erscheinens hervor, dass Humboldt wenigstens bis zum Antritt seiner amerikanischen Reise noch an ihrem Inhalt fest-

gehalten hat. In dieser Abhandlung, welche er selbst als einen Versuch bezeichnet, die Grundsätze der neuern Physik auf die Geognosie anzuwenden, wird eine geologische Hypothese von ihm aufgestellt, welche noch vollständig mit der Werner'schen Theorie im Einklang bleibt, und sowol von derselben ausgeht, als auch dazu bestimmt ist, dieselbe zu stützen, indem sie eine Anzahl von Erscheinungen in einem mit den Grundsätzen des Neptunismus verträglichen Sinne zu erklären sucht.

Humboldt's Gedankengang geben etwa folgende Stellen seiner Auseinandersetzung wieder: „Alle geognostischen Hypothesen", sagt er, „stimmen darin überein, dass auch der feste (starre) Theil unsers Erdsphäroids sich ehemals in einem flüssigen Zustande befand." ..... „Denkbar, den jetzigen Naturerscheinungen analog, ist es allerdings, dass die Bestandtheile aller Gebirgsarten einst gasförmig existirten. Denkbar ist es, dass diesem ersten Zustande ein zweiter folgte, in dem der grössere Theil jener Gasarten zu tropfbaren Fluiden zusammengerann; — aber was man darüber auch festsetze, so bleibt immer die Annahme gegründet, dass die feste Erdmasse sich durch Niederschläge aus Flüssigkeiten bildete, dass aufgelöste Stoffe aus ihren Auflösungsmitteln abgeschieden wurden." .... „Was nun war die Ursache des ersten Niederschlags oder der ersten Abscheidung, was die Ursache der nachfolgenden? Die Beantwortung dieser Frage liegt, insofern sie sich auf die erste Entstehung oder Schöpfung eines Dinges bezieht, ausserhalb der Grenzen menschlicher Erkenntniss." .... „Setzen wir aber das Dasein eines ersten Niederschlags, einer einmaligen Abscheidung aus der chaotischen Flüssigkeit voraus, so liegt in dieser ersten Wirkung selbst die Ursache aller folgenden." ... „Steigt nun das Thermoskop schon merkbar, wenn einige Kubiklinien Eis entstehen, werden die benachbarten Wasserschichten merkbar erwärmt, indem die zarten Krystalle sich abscheiden: welche Erhöhung der Temperatur, welche Erhitzung musste nicht erfolgen, indem ungeheuere Massen erdiger Grundstoffe, mächtige Gebirgsschichten sich niederschlugen!" .... „Nieder-

schläge überhaupt und besonders Niederschläge grosser Gebirgsmassen können also nicht ohne Entbindung von Wärme gedacht werden. Diese Wärme ging in die noch übrigen Theile der Auflösung über und erregte in diesen Verdampfung, Verminderung des Menstruums und (als unmittelbare Folge der Verminderung) neue Niederschläge."

Zu den Erscheinungen, welche Humboldt glaubte durch diese Hypothese erklären zu können, gehört die von der Werner'schen Schule stark betonte vorherrschend krystallinische Beschaffenheit der sogenannten primitiven Gebirgsarten im Gegensatz zu der mehr erdigen, unkrystallinischen der neuern. Denn je mehr Niederschläge bereits stattgefunden hatten, so urtheilt er, desto erwärmter musste im allgemeinen der Rest des Lösungsmittels sein, desto energischer, aber auch unruhiger und unkrystallinischer der folgende Niederschlag ausfallen. Die Urgebirgsarten, welche, als die nach damaliger Ansicht früher niedergeschlagenen, in einem kühlern Medium entstanden waren als die Flötzgebirgsarten, mussten daher ein krystallinischeres Ansehen darbieten als diese. Aber in dem Masse, wie sich die vorausgesetzte Erwärmung des Lösungsmittels steigerte, so schliesst er weiter, muss auch die Atmosphäre sich mit Dämpfen erfüllt haben. Es muss eine hemmende Rückwirkung auf die fernere Verdampfung eingetreten sein. Es muss infolge davon die Energie des Niederschlages und die Erwärmung des Lösungsmittels nachgelassen haben. Der Niederschlag muss von neuem, und solange dieser Zustand der Atmosphäre dauerte, ein krystallinischer gewesen sein. So ist, sagt Humboldt, in diesen Verhältnissen der Atmosphäre ein Grund zu finden, „warum die Formation der Gesteinschichten nicht immer mit zunehmender Geschwindigkeit vor sich ging, ... warum reinere und unreinere Anschüsse, krystallinische und erdige Massen miteinander abwechseln".

Aber besondern Werth legte Humboldt darauf, durch seine Hypothese noch eine andere Erscheinung auf neptunistischem

Wege erklären zu können, welche die Aufmerksamkeit der Geologen in hohem Grade fesselte. Es war bemerkt worden, dass in hohen geographischen Breiten die Gesteinschichten mit Resten von Pflanzen und Thieren erfüllt sind, welche ohne Zweifel an ihren jetzigen Fundorten gelebt haben und durch ihre tropischen Formen beweisen, dass daselbst in frühern Perioden ein viel wärmeres Klima als heute geherrscht haben müsse. Man habe zur Erklärung dieser Thatsache versucht, sagt Humboldt, die Erde aus ihren Angeln zu heben und dieses Wagestück durch die beobachtete Veränderung der Schiefe der Ekliptik zu rechtfertigen. Weil von Eratosthenes an bis Cassini der Winkel sich um 7 Minuten vermindert habe, sei es für möglich erachtet worden, dass die Erde sich einst gegen die Sonne in einer Stellung befand, welche den hohen Breiten ein tropisches Klima verschaffte, und diese Meinung habe sich erhalten, bis durch astronomische Berechnung nachgewiesen wurde, dass die Veränderung der Schiefe der Ekliptik nicht über sehr enge Grenzen hinausgegangen sein könne. In seiner eigenen Hypothese einer beim Niederschlage der Gesteinschichten bewirkten Erwärmung des tropfbaren Mediums, aus dem der Niederschlag stattfand, und der Luftschichten, welche mit jenem tropfbaren Medium in Berührung kamen, sah Humboldt eine sich von selbst ergebende neue Erklärung jenes Vorkommens tropischer Formen in Gesteinschichten des Nordens.

So verführerisch die Humboldt'sche Hypothese für die Zeit sein mochte, in welcher sie veröffentlicht wurde, ihr Autor selbst konnte in der Folge nicht an ihr festhalten. So wie sie innerhalb der Werner'schen Theorie entstanden war, so musste sie auch mit dieser fallen. Sie ging von der Voraussetzung aus, dass die Gebirgsmassen, aus denen die Erde besteht, sich der Hauptsache nach durch Niederschläge aus wässerigen Lösungen gebildet haben, und dass dies namentlich auch mit den krystallinischen Urgebirgsarten der Fall sei. Schied Humboldt diese letztern, seinen spätern Ansichten gemäss, aus der Reihe der neptunischen Bildungen aus, und sonderte er zugleich von den

wirklich aus dem Wasser abgesetzten alle diejenigen, welche nur als mechanische Absätze betrachtet werden können (Thone, Conglomerate, Sandsteine), so blieb ihm nur noch eine untergeordnete Menge von Gesteinen übrig, durch deren Niederschlag die vorausgesetzte Temperaturerhöhung hätte erzeugt werden können. Endlich musste aber auch aus vielen Erscheinungen klar werden, dass selbst diese noch übrigbleibenden Gesteine sich viel zu langsam gebildet haben, um eine energische Wärmeentwickelung hervorzubringen.

Die Hypothese war aus dem von Humboldt empfundenen Bedürfniss entstanden, zur Erklärung verschiedener geologischer Phänomene eine innerhalb der Werner'schen Lehre zulässige, der Erde selbst angehörige, von der Sonne unabhängige Wärmequelle anzunehmen. In dem Masse, als sich später die Ueberzeugung bei ihm festsetzte, dass eine kräftige Wärmequelle durch das Vorhandensein eines feurig-flüssigen Erdinnern gegeben sei, trat jene Hypothese bei ihm in den Hintergrund. In seiner Abhandlung über den Bau und die Wirkungsart der Vulkane sagt er: „Wo in der Vorwelt die tiefgespaltene Erdrinde aus ihren Klüften Wärme ausstrahlte, da konnten vielleicht jahrhundertelang in ganzen Länderstrecken Palmen und baumartige Farrnkräuter und Thiere der heissen Zone gedeihen."

Die Schrift Humboldt's, welche im Jahre 1799 unter dem Titel: „Ueber die unterirdischen Gasarten und die Mittel ihren Nachtheil zu vermindern" herausgegeben wurde, bezeichnet der Autor als einen „Beitrag zur Physik der praktischen Bergbaukunde"; der Inhalt fällt im wesentlichen der Physik und Chemie sowie deren Anwendung auf die Technik anheim. Indessen sind in einem Kapitel verschiedene geognostische Betrachtungen enthalten, welche in die Entwickelung des mit dem Flötzgebirge sich beschäftigenden Theils der Geognosie eingegriffen haben und für die Geschichte der Wissenschaft von Bedeutung sind.

Indem Humboldt dem Zwecke des Werkes gemäss von den in den Gebirgen vorkommenden Höhlen spricht, gibt er auf

S. 37 fg. eine Uebersicht der vorzugsweise von denselben durchzogenen Formationen.

Nachdem er des im Glimmerschiefer liegenden Kalksteins sowie des neuern Uebergangskalksteins Erwähnung gethan hat, führt er fort: „Noch höhlenreicher sind die spätern Flötzkalksteine, welche, mit Gips oder Sandstein regelmässig geschichtet, einen grossen Theil der Alten Welt bedecken: der Zechstein (zwischen dem alten Sandstein und alten Gips) und die ausgebreitete Formation, welche zwischen dem alten Gips und neuern Sandstein liegt und welche ich vorläufig mit dem Namen Jurakalk bezeichne.“

Sodann wird vom Zechstein gesagt, dass er nicht nur in tiefen Punkten anstehe, sondern auch (wie in der Schweiz, Tirol und Oberbaiern) sich hoch erhebe als Alpenkalkstein, in dessen zahllosen Mergelschichten das Phänomen des Kupferschiefers unverkennbar vervielfältigt sei; diese Mergelschichten (besonders die in Oberbaiern), sagt Humboldt, hätten ihn im Herbst 1793 zuerst auf die Erkennung der „Identität des thüringer Zechsteins und hohen Alpenkalksteins“ geleitet. Zu einer Zeit, in welcher von Flötzformationen fast nur die Thüringens genauer bekannt waren und alle andern nach der Aehnlichkeit mit ihnen beurtheilt wurden, entsprach die Annahme dieser Identität sehr wohl der in der Geologie herrschenden Anschauungsweise. Erst viel später bildete sich die Ueberzeugung aus, dass sich in dem Kalke der Alpen eine ganze Reihe ihrem Alter nach verschiedener Formationen vertreten findet, die in ihrer Mehrzahl jünger sind als der Zechstein.

Was den Jurakalk betrifft, so hatte Humboldt, wie er im „Kosmos“ (IV, 632) ausdrücklich bemerkt, auf einer im Jahre 1795 unternommenen Reise durch das südliche Franken, die Schweiz und Ober-Italien sich davon überzeugt, dass dieser Kalkstein, den Werner zu seinem Muschelkalk rechnete, eine eigene Formation ausmache. In der Schrift über die unterirdischen Gasarten wird dieser Formation unter dem Namen des Jurakalks zuerst gedacht. In Karsten's mineralogische

Tabellen vom Jahre 1800 ist sie bereits aufgenommen. Humboldt hielt sie damals für älter als den neuen Flötzsandstein Thüringens, d. h. den Buntsandstein, hauptsächlich weil sie älter ist als manche Sandsteine, die, wie z. B. die Molasse der ebenen Schweiz in jener Zeit vielfach mit dem Buntsandstein verwechselt wurden (vergl. seinen „Essai sur le gisement des roches", S. 282). Der Jurakalk musste also auf der Grenze zwischen den Zechstein- und Buntsandsteingebilden seine Stelle erhalten. Humboldt entschied sich dafür, ihn noch als eine obere Abtheilung der Zechsteingebilde selbst, ungefähr ein Aequivalent der Rauchwacke aufzufassen. Er ist seitdem für neuer erkannt worden: aber die Abtrennung desselben vom Muschelkalk war vollständig gerechtfertigt, und der von Humboldt dafür eingeführte Name ist einer der gebrauchtesten in der Geologie geworden.

Als Humboldt seine amerikanische Reise antrat, standen unter den von ihm verfolgten Zwecken die geologischen in der ersten Reihe. Bei der umfassenden Art, wie er die Geologie behandelte, musste ihm alles darauf ankommen, seinen Gesichtskreis durch die Kenntniss eines ausgedehnten, von dem bisherigen Schauplatz geologischer Forschungen entfernten Landstrichs zu erweitern. Es war vorherzusehen, dass die in der Gebirgskunde angenommenen Gesetze dadurch wichtige Bestätigungen oder Modificationen erhalten würden.

Wer mit geologischen Untersuchungen vertraut ist, kennt die Schwierigkeiten, welche sich dem Beobachter entgegenstellen, wenn er, auf einen fremden Boden versetzt, die mannichfach nach localen Bildungsbedingungen abgeänderten Formationen der Heimat wiedererkennen soll, um auf diese Weise die nöthigen Anhaltpunkte für die Beurtheilung des neuen Beobachtungsgebietes zu gewinnen. Wie sehr mussten diese Schwierigkeiten wachsen, wenn zwischen den zu vergleichenden Landstrichen die Hälfte der Erdoberfläche lag, wenn es galt, in dem neuen Gebiete den Zusammenhang der geologischen Formationen

über ungeheuere Flächenräume nach einzelnen durch unwegsame Wildnisse gezogenen Linien nachzuweisen; — und dies zu einer Zeit, wo die wissenschaftlichen Hülfsmittel zur Lösung der angedeuteten Aufgaben weit hinter den jetzigen zurückstanden; wo die Formationsbestimmung der geschichteten Gesteine häufig auf unüberwindliche Hindernisse stiess, weil das Haupterkennungsmittel dieser Gesteine, ihr Inhalt an organischen Formen, fast noch ganz den Dienst versagte; wo endlich bei der Unmöglichkeit, die geschichteten Formationen mit Sicherheit zu bestimmen, auch der Massstab für die Beurtheilung der darin eingreifenden Eruptivgesteine noch mangelte.

Nach den raschen Fortschritten, welche die Geognosie an der Hand der ältern ihr vorausgegangenen naturwissenschaftlichen Disciplinen in diesem Jahrhundert gemacht hat, ist es nicht leicht, sich heutzutage auf den Standpunkt zurückzuversetzen, auf dem dieselbe sich zur Zeit der Humboldt'schen Reise befand. Es ist dies aber durchaus erforderlich, wenn man sich ein Urtheil über die Bedeutung derselben für die Entwickelung der Geologie bilden will.

In den Erfolgen seiner amerikanischen Reise liegt übrigens der Schwerpunkt von Humboldt's Leistungen auf geologischem Felde überhaupt. Dieselbe hat der Geologie einen überwältigenden Reichthum an neuen Thatsachen, ein Material, durch welches das Gebiet unserer positiven Kenntnisse unendlich erweitert worden ist, zugeführt. Aber dieses, den bleibenden Theil der gewonnenen Ergebnisse bildende Material entzieht sich durch die Fülle der darin enthaltenen Daten mehr oder weniger einer Darstellung wie die gegenwärtige ist. Letztere wird sich vorzugsweise mit den allgemeinen, den Gedankengang des grossen Forschers bezeichnenden, zum Theil geogenetischen Vorstellungen beschäftigen müssen, von denen viele bereits der Geschichte der Wissenschaft angehören, viele von Humboldt selbst während seiner langen Laufbahn erst modificirt, dann verlassen worden sind.

Man wird indess auch ihren Werth nicht verkennen. In

den Erörterungen, welche Humboldt's systematische Ansichten und geogenetische Hypothesen zu ihrer Zeit hervorgerufen haben, zeigt sich ihr Einfluss auf die Wissenschaft. Durch Aufstellung derselben trat er in die grossen geologischen Parteikämpfe ein, welche am Ende des vorigen und in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts geführt wurden, und trug er wesentlich dazu bei, in der Erforschung des Baues der Erde die Regsamkeit zu erzeugen, welche auf den heutigen Standpunkt der mineralogischen Disciplinen geleitet hat.

Leider hat er die thatsächlichen und theoretischen Ergebnisse für die Geologie, zu denen seine amerikanische Reise geführt hat, nirgends zu einer vollständigen Darstellung vereinigt. Entstehen schon hierdurch für die Gewinnung einer Uebersicht derselben Schwierigkeiten, so werden diese dadurch noch bedeutend vermehrt, dass er auf die meisten von ihm berührten Gegenstände mehrmals zurückgekommen ist, und dass dieselben nothwendig in verschiedenem Lichte erscheinen, je nachdem sie unmittelbar nach der Beobachtung den ersten Eindrücken gemäss geschildert wurden, oder eine lange Reihe von Jahren später, wo die leitenden Ideen nicht mehr dieselben waren. Den neuern Schilderungen wird man den Vorzug geben, wenn es darauf ankommt, Humboldt's gereifte Ansichten über seine Beobachtungen kennen zu lernen, den ältern, wenn es gilt, jene Beobachtungen selbst zu benutzen.

Es erscheint daher, namentlich wenn man sich von dem innern Zusammenhange seiner auf Amerika bezüglichen Darstellungen eine genauere Einsicht verschaffen will, geboten, von seinen frühesten Arbeiten auszugehen und die spätern damit zu vergleichen; eine Mühe, welche bei der Fülle dieser Arbeiten keine geringe ist, sich aber reichlich durch das geschichtliche Interesse belohnt, welches damit verbunden ist, die sich umwandelnden Principien der Wissenschaft in den aufeinanderfolgenden Werken eines und desselben Forschers abgespiegelt zu sehen.

Nachdem Humboldt von Cumana, seinem Landungsplatze,

aus das Küstengebirge von Venezuela, das Parimegebirge und die Llanos des Orenoco untersucht hatte, verfasste er schon an Ort und Stelle, und zwar in Cumana, eine geologische Uebersicht über den bis dahin von ihm durchstreiften Theil von Südamerika, welche unter dem Titel: „Esquisse d'un tableau géologique de l'Amérique méridionale" in *de la Métherie's* „Journal de physique, de chimie et d'histoire naturelle", tome LIII (Messidore, an IX [1801]) erschien.

Humboldt schrieb dieselbe im Anschluss an einige geologische Darstellungen nieder, welche er von Gesteinstücken begleitet an die Directoren der madrider naturhistorischen Sammlungen geschickt hatte. Als eine seiner frühesten Ausarbeitungen über amerikanische Geologie ist sie von grossem Interesse. Im Folgenden mag sie der Kürze halber als Skizze von Südamerika aus dem Jahre 1801 bezeichnet werden.

Der in dieser Skizze besprochene Landstrich, vergrössert durch die Grossen Antillen und die Umgegend von Cartagena, ist es, welcher in der „Relation historique" zu Humboldt's „Voyage aux régions équinoxiales" eine ausführliche Behandlung gefunden hat. Die geologischen Beobachtungen sind hier in der Reihe, in der sie angestellt wurden, verzeichnet, aber mit mannichfachen andern Untersuchungen verwebt. Der geologische Leser sieht, wie Leopold von Buch sich ausdrückte, sein Ziel lange mit Ungeduld vor sich, ehe er es erreicht. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, hat Humboldt im 26. Kapitel der „Relation historique", welches im Jahre 1825 erschienen ist, eine Zusammenstellung der durch die vorangegangenen Kapitel zerstreuten geologischen Ergebnisse hinzugefügt. Die auf diese Weise entstandene kurze Schilderung kann als eine zweite, den neuern Anschauungen angepasste Bearbeitung der Skizze vom Jahre 1801 angesehen werden. Sie führt den Titel „Tableau géologique de l'Amérique méridionale au Nord de la rivière des Amazones et à l'Est du méridien de la Sierra Nevada de Merida" und wird im Folgenden als geologische Schilderung Südamerikas aus dem Jahre 1825 citirt werden.

Humboldt's „Relation historique" bricht nach der Besprechung der Umgegend von Cartagena ab und ist ein Fragment geblieben. Es ist wahrscheinlich, dass die Nothwendigkeit, dem geologischen Theile des Berichts, wenn letzterer fortgesetzt werden sollte, eine gänzlich veränderte theoretische Betrachtungsweise zu Grunde zu legen und so die Gleichförmigkeit der Behandlung aufzugeben, eine der Veranlassungen wurde, das Werk unvollendet zu lassen.

Was die übrigen von Humboldt bereisten Theile der Neuen Welt, namentlich die Anden Mexicos, Neu-Granadas, Quitos und Perus betrifft, so finden sich zahlreiche geologische Nachrichten über die mexicanischen Gebirge in dem im Jahre 1811 erschienenen „Essai politique sur la Nouvelle Espagne" vereinigt. Indess der geologische Theil dieses Werkes, anknüpfend an den bergmännischen, ist nur soweit ausgeführt, als der statistische Zweck dies gestattete. Speciell den südamerikanischen Anden sind einige auf kleinere Gebiete bezügliche Abhandlungen gewidmet, zu denen die über das Hochland von Quito und über die Umgebungen von Bogota gehören. Weitere geologische Mittheilungen über die mexicanischen und südamerikanischen Anden hat man in den die verschiedensten Zweige der wissenschaftlichen Kunde Amerikas betreffenden Arbeiten Humboldt's aufzusuchen.

Als zwei wichtige Quellen indess für die geologischen Ergebnisse aus allen Bezirken des von ihm bereisten Theils des Neuen Continents müssen die beiden Werke angesehen werden, in denen er bei Verfolgung allgemeiner geologischer Zwecke die auf der andern Seite des Oceans beobachteten Erscheinungen als Beispiele geologischer Ausbildungsweise überhaupt aufgeführt hat, der „Essai géognostique sur le gisement des roches dans les deux hémisphères" und der „Kosmos".

Wir werden, um die Hauptresultate, welche die Geologie aus Humboldt's Aufenthalt in Amerika gezogen hat, zu überblicken, dieselben an die grossen Gesteinskategorien anknüpfen,

welche im Anfange dieses Jahrhunderts als Urgebirge, Uebergangsgebirge, Flötzgebirge und vulkanisches Gebirge bezeichnet wurden.

Wir beginnen mit dem Urgebirge:

In der Skizze zu einem geologischen Gemälde Südamerikas vom Jahre 1801 spricht sich Humboldt in merkwürdiger Weise über die geognostischen Ziele aus, welche er sich in Beziehung auf die von ihm unternommene Reise gesteckt habe. Diese Reise und seine seit acht Jahren ausgeführten mühevollen Untersuchungen in Europa, sagt er, würden ihm hoffentlich in den Stand setzen, ein allgemeines Bild vom geognostischen Bau des Erdkörpers zu entwerfen.

Von zwei Gesetzen, die er hierbei zu eingehender Erörterung bringen werde und deren Bestätigung er zu den hauptsächlichsten Aufgaben seines Aufenthalts in der Neuen Welt rechne, laute eines, dass das Streichen und Fallen der ältesten Gesteinsbänke, namentlich der primitiven, oft auch derer der Uebergangs- und selbst der untersten Flötzformationen, einer bestimmten Regel unterliege und unabhängig sei von der Richtung der Gebirge sowie von dem Abfallswinkel der Gebirgsgehänge.

Seit 1792, bemerkt Humboldt in Betreff dieses Gesetzes auf Seite 45 seiner Skizze, habe er bereits zu bemerken geglaubt, dass in jenen Bänken ein Streichen zwischen Stunde 3 und 4 der bergmännischen Bussole, nämlich ein Winkel von ungefähr 52° mit dem Meridian des Ortes herrsche, während das Fallen, wenn auch weniger beständig, doch an der Mehrzahl der untersuchten Stellen ein nordwestliches sei. Auf das angegebene Streichungsgesetz habe ihn zuerst die Beobachtung der Glimmerschiefer und Thonschiefer des Fichtelgebirges und Thüringer Waldes geleitet; später habe er dasselbe in verschiedenen Theilen Europas, mit Freiesleben in den Alpen von Savoyen, Wallis und Mailand wiedergefunden.

Der Zufall wollte, dass Humboldt den amerikanischen Boden in einer Gegend betrat, wo ihm seine Messungen ein ähnliches

Ergebniss lieferten. In dem Küstengebirge von Venezuela sowie bald darauf in dem Gebirge von Parime fand er ebenfalls ein Streichen von Stunde 3 bis 4 mit nordwestlichem Fallen vorwaltend; auch hier stimmte das Streichen der Bänke nicht durchgängig mit der Längenaxe der Gebirge überein. Diese Erfahrungen, in einer so grossen Entfernung von seinen Ausgangspunkten gewonnen, verfehlten nicht, ihn in seinem Glauben an die Allgemeingültigkeit des angenommenen Gesetzes und an die Wichtigkeit desselben für die Theorie der Erd- und Gebirgsbildung zu bestärken.

Er zweifle nicht, sagte er in der Skizze vom Jahre 1801, dass es sich hier um eine Erscheinung handle, deren Ursache sehr früh und sehr allgemein wirksam gewesen sein müsse, mit der Rotation der Erde in Zusammenhang gestanden habe und in den Attractionen zu suchen sei, denen die Materie gefolgt ist, um sich zu planetarischen Sphäroiden zusammenzuhäufen.

Die Idee, dass die von ihm beobachteten Richtungen und Neigungen der Bänke durch eine nach dem Absatz der letztern erfolgte Veränderung der Lage hervorgebracht sein könne, wies er in der Skizze vom Jahre 1801 noch entschieden zurück.

Als Humboldt diese Skizze verfasste, betrachtete er das Urgebirge noch vollständig im Werner'schen Sinne als aus dem Wasser abgesetzt. Schon während des weitern Verlaufs seiner amerikanischen Reise wurde er in dieser Ansicht infolge der Eindrücke, welche eine ungeahnte Grossartigkeit der vulkanischen Erscheinungen auf ihn hervorbrachte, wankend. Und in seinem „Essai géognostique sur le gisement des roches" vom Jahre 1823 erklärte er bereits, dass, wenn es sich darum handle, ob der Granit sich auf wässerigem oder feurigem Wege gebildet habe, und wenn eine dritte Entstehungsweise nicht möglich sei, er sich jedenfalls zur Annahme des feurigen Ursprungs bestimmen würde, da es bei dem dermaligen Zustande der physikalischen Wissenschaften beinahe unnöthig sei, daran zu erinnern, wie wenig die Hypothese von einem Niederschlage aus wässeriger Lösung auf Gesteine wie Granit, Gneiss, Porphyr u. s. w. angewandt werden

könne. Indess geht aus der ganzen Behandlung des Urgebirges im „Essai géognostique" hervor, dass von dieser Aeusserung bis zu einer vollständigen und vorbehaltlosen Anerkennung der vulkanischen und eruptiven Natur des Granits noch ein Schritt zu thun blieb.

In der That machte Humboldt in dem genannten Werke einen merkwürdigen, auf feine Combinationen gegründeten Versuch, im primitiven Gebirge, ähnlich wie im Flötzgebirge geschehen war, eine Reihe gesetzmässig übereinander gelagerter Formationen nachzuweisen. Für einzelne Districte hatten solche Versuche bereits stattgefunden. Jetzt sollte eine Gesteinsfolge aufgestellt werden, welche das Urgebirge des Alten und Neuen Continents gleichzeitig umfasse, und Humboldt hoffte um so mehr, dass letzteres gelingen würde, als er zwischen den primitiven Gesteinen Europas und des tropischen Amerikas die grosse Uebereinstimmung beobachtet hatte, welche ihn schon früh auf seine Betrachtungen über das ausgedehnte, von allen Unterschieden geographischer Breite unabhängige Vorkommen der Mineralien und Gesteine leitete. Es wurden im „Essai géognostique" fünf Hauptformationen des Urgebirges angenommen, welche man als die verbreitetsten anzusehen und als geognostische Horizonte für die Bestimmung der übrigen zu benutzen habe. Die Reihe dieser Hauptformationen beginnt mit einem Granit, der zwar das älteste bekannte Gestein sei, von dem aber nicht behauptet werden könne, es gebe kein älteres unbekanntes darunter. Die nächstjüngere Hauptformation ist nach Humboldt der Gneiss, dann folgt der Glimmerschiefer, der Urthonschiefer und endlich der Euphotid. Zwischen je zweien derselben können sich Gesteine einschalten, die einen localern Charakter an sich tragen und sich als geognostische Aequivalente gegenseitig ersetzen können. Dieselben Gesteine, welche die Hauptformationen bilden, nehmen auch häufig an der Zusammensetzung der Zwischenformationen Antheil. So weist das aufgestellte Schema zwischen dem Granit und Gneiss 1) einen Wechsel von Granit und Gneiss, 2) einen zinnführenden Granit,

3) einen Weissstein mit Serpentin auf; eine andere Reihe von Gesteinen und Gesteinwechseln kann sich zwischen dem Gneiss und Glimmerschiefer, eine andere zwischen dem Glimmerschiefer und Thonschiefer u. s. w. einschalten.

Auf diese Weise entsteht die lange Folge von Gebirgsarten, welche Humboldt im „Essai géognostique“ unter dem Namen des Urgebirges beschrieben hat. Aber wie complicirt diese Folge auch sein mag, in welcher sich der Granit an vier verschiedenen Stellen, allein oder im Wechsel mit andern Gesteinen, der Gneiss ebenfalls zu mehrern malen, und ausser den Gesteinen der Hauptformationen der Weissstein, Serpentin, Syenit, Urkalk u. s. w. aufgeführt finden, so würde Humboldt bei weitern Beobachtungen diese Complication noch bedeutend haben vermehren müssen. Indess kam es hierzu nicht, denn als er sich wenige Jahre nach dem Erscheinen des „Essai sur le gisement des roches“ für die Annahme der eruptiven Entstehung des Granits entschied, zweifelte er auch nicht mehr, dass man in der Aufeinanderfolge der Urgesteine den unendlichen Wechsel der scheinbar regellos miteinander verbundenen krystallinischen Schiefer und die auf das verschiedenartigste darin eingreifenden eruptiven Massengesteine zu erkennen habe.

Auch in Beziehung auf das Streichen und Fallen der ältesten Gesteine und die damit zusammenhängenden Fragen befand sich Humboldt zur Zeit der Herausgabe des „Essai géognostique sur le gisement des roches“ auf dem Uebergange zu neuen Ueberzeugungen. Indem er nicht mehr die Beständigkeit, sondern nur noch die Häufigkeit des von ihm beobachteten Streichungsphänomens betonte, gab er zu, dass die Gesteinsbänke auf keiner der beiden Halbkugeln eine allgemeine und absolute Gleichförmigkeit des Streichens bewahren, und nahm er nur noch an, dass in Landstrichen von sehr grosser, zuweilen mehrere tausend Quadratmeilen betragender Ausdehnung das Streichen, seltener das Fallen durch ein absonderliches System von Kräften bestimmt sei. Seitdem er in den vulkanischen Districten Amerikas die

Ueberzeugung gewonnen hatte, dass die Vulkanreihen sich auf grossen in der Erdkruste aufgebrochenen Spalten erhoben haben, war er von Jahr zu Jahr geneigter geworden, den Gebirgsketten eine ähnliche Entstehung durch Emporhebung über Spalten zuzuschreiben, zugleich aber auch das Streichen und Fallen der Gesteinsbänke zum Theil als eine Folge der mit der Emporhebung der Gebirge verbundenen Aufrichtung dieser Bänke anzusehen. Und die berühmten, im Anfange der zwanziger Jahre erschienenen Arbeiten Leopold von Buch's über das südliche Tirol konnten ihn hierin nur bestärken. „Sind die alpinen Gebirgsketten", fragt er im «Essai sur le gisement des roches», S. 60, „gleich den vulkanischen Gipfeln in der Ebene des Jorullo auf Spalten emporgestiegen?" Wenn man sich mit den Ursachen der Schichtenstellung beschäftige, äussert er ferner, müsse man einen Unterschied zwischen der in der Ebene und der im hohen Gebirge machen; er könne nicht annehmen, dass beides durch dieselbe Art von Ereignissen hervorgebracht worden sei. Wäre es nicht möglich, fragt er, dass die Schichtenstellung in der Ebene präexistirt habe, und dass sich erst später auf Spalten, die sich parallel dem Streichen bildeten, die Gebirge erhoben hätten? Mit einer solchen Annahme sei die Thatsache in Uebereinstimmung, dass in den Gebirgen das Fallen der Schichten oft den beiden Abhängen entspreche, während es in der Ebene vorherrschend nordwestlich sei. Die Stellung der Schichten in der Ebene von einer Aufrichtung abzuleiten, sei unmöglich, wenn man senkrecht gegen die Streichungslinie auf Meilen hin nur dieselbe Fallrichtung finde. So suchte Humboldt seine Annahme von einer nach bestimmten Regeln erfolgten ursprünglichen Schichtenstellung mit der von einer nachträglichen Aufrichtung der Schichten zu vereinigen.

In der Schilderung der geognostischen Verhältnisse Südamerikas, welche das 26. Kapitel der „Relation historique" bildet und im Jahre 1825 erschienen ist, sprach Humboldt die in dem „Essai sur le gisement des roches" nur angedeuteten Ansichten über

die Entstehungsweise der primitiven Gesteine und die Bildung der Gebirge bestimmter aus. In Uebereinstimmung mit seiner Aeusserung im „Kosmos“, dass das Jahr 1825 oder 1826 die Zeit sei, in welcher er sich unbedingt für die eruptive Natur des Granits erklärt habe, findet man letztern in jener Schilderung nun schon ein misbräuchlich als Urgebirge bezeichnetes Gestein genannt. Ebendaselbst wurde bereits die Hypothese von der Erhebung der Gebirgsketten über Spalten als Grundlage weiterer Betrachtungen angewandt.

Dieser Hypothese gemäss unterschied Humboldt Longitudinal- oder Kettengebirge, wo die Erhebung einer einzigen Kette oder einiger zusammengehöriger über einer einzigen Spalte oder einigen miteinander parallelen vor sich gegangen sei, und Gebirgsgruppen, wo eine grössere Anzahl von Ketten sich über einem unregelmässigen Netz von Spalten erhoben habe; — eine Unterscheidung, welche der zwischen parallelen und sich kreuzenden gleichfalls auf Spalten entstandenen Gängen entspreche. Als Beispiel von Kettengebirgen betrachtete er die Anden und das Küstengebirge von Venezuela, von dem er nachwies, dass es nur eine westöstlich verlaufende Abzweigung jener sei; als Beispiel einer Gebirgsgruppe führte er das Gebirge von Parime an.

Das erstere dieser Gebirge fand Humboldt in der Erstreckung, in welcher er es untersucht hat, nämlich von Porto Cabello nach Osten aus zwei miteinander parallelen Hauptketten zusammengesetzt, von denen die nördliche ebenso wie der westliche Theil der südlichen von primitiven Gesteinen gebildet werden. Auf die Thatsache, dass die nicht fern von der Nordküste Venezuelas gelegene Insel Margarita ebenfalls aus Urgebirge und namentlich aus Glimmerschiefer bestehe, gründete er die Vermuthung, dass nördlich von der jetzigen Küste noch eine andere aus Primitivgebirgsarten zusammengesetzte Kette existirt habe. Von der Zerstörung des grössten Theiles dieser Kette sowie von der Lücke, welche sich in den beiden Hauptketten und namentlich in der nördlichen zwischen dem Cap Codera

und der Halbinsel Araya befindet, nahm er an, dass sie durch die Wirkung der Strömungen entstanden seien, welche, sich von Osten her gegen Amerika wälzend, das Caraibische Meer gebildet und das vorgefundene Land mannichfach ausgebuchtet und zu Inseln zerstückelt hätten.

In dem letztern der obengenannten Gebirge, dem Parimegebirge, welches in Europa vor seiner Reise kaum der Existenz, viel weniger der geognostischen Constitution nach bekannt war, hat uns Humboldt eine der grössten über Tage beobachtbaren Urgebirgsmassen kennen gelehrt. Auf dem ganzen Wege, welchen er auf seiner berühmten Orenocofahrt längs diesem Gebirge zurücklegte, fand er der Hauptsache nach nur Granit und Gneiss; Glimmerschiefer sah er zwar nicht anstehen, indess in den östlichen Theilen des Gebirges, die er nicht besucht hat, müssen nach ihm grosse Massen dieses Gesteins und glänzenden Talkschiefers, denen er den unverdienten Ruf der lange Zeit dort vermutheten Dorados zuschrieb, vorhanden sein.

Nachdem Humboldt bei seinen ersten Untersuchungen in Amerika das dortige Urgebirge dem europäischen sehr analog ausgebildet gefunden hatte, war er um so gespannter zu erforschen, wie die Flötzformationen, über deren Ausbildung in aussereuropäischen Ländern noch äusserst wenig bekannt war, sich verhalten würden. Das zweite jener beiden Gesetze, von denen oben gesagt wurde, dass er deren Bestätigung beim Antritt seiner Reise zu einem Hauptzweck seines Aufenthalts in der Neuen Welt gemacht habe, lautete, dass überall auf der Erde sich zu gleicher Zeit gleiche Flötzgesteine abgesetzt hätten. Es galt jetzt zu erfahren, ob das vermuthete Gesetz hier die Prüfung bestehen würde.

Humboldt hatte, gleich zu Anfang seiner dortigen Untersuchungen, im Küstengebirge von Venezuela Gelegenheit sich mit den Flötzformationen zu beschäftigen, und da er hier eine Reihe von Formationen antraf, die nicht allein mineralogisch mit europäischen übereinstimmten, sondern auch in derselben

Ordnung wie jene übereinander zu folgen schienen, so glaubte er damals in der That an die Richtigkeit seiner Annahme.

Die südliche der beiden Hauptketten dieses Gebirges fand er in ihrem östlichen Theile aus geschichteten Kalken, Schiefern, Thonen und Sandsteinen zusammengesetzt, welche er namentlich in der Gegend von Cumana einer eingehenden Betrachtung unterzog. Er erkannte sehr wohl, dass man es hier mit einem Flötzgebirge zu thun habe, welches mit Ueberspringung des Uebergangsgebirges unmittelbar auf dem Urgebirge gelagert sei, wie sich dies auch durch die spätern Untersuchungen in demselben Landstriche bestätigt hat. In diesem Flötzgebirge glaubte er zwei verschiedene Kalkbildungen voneinander sondern zu müssen. Da die untere, welche von dunkelblau-grauer Farbe ist und von weissen Kalkspathadern durchzogen wird, am meisten Aehnlichkeit mit derjenigen zeigt, welche in den Alpen verbreitet ist und in dem oben besprochenen Werke über die unterirdischen Gasarten unter dem Namen Alpenkalk mit dem untern Zechstein Thüringens identificirt worden war, so nahm Humboldt in seiner Skizze vom Jahre 1801 keinen Anstand, auch sie für Alpenkalk und damit für Zechstein zu erklären. Er fand sich hierzu um so mehr veranlasst, als eine gewisse Uebereinstimmung im allgemeinen Gesteinshabitus zwischen den Alpen und den südamerikanischen Anden dazu einlud, die Vorkommnisse beider Gebirge aufeinander zurückzuführen, und als auch manche untergeordnete Ablagerungen mit dem Kalk Venezuelas verbunden waren, welche Humboldt als charakteristisch für den Alpenkalk der Schweiz ansah.

Aus diesem dunkelgrauen Kalke fand Humboldt die Hauptmasse der höchsten Berge im Süden von Cumana zusammengesetzt. Von ihm unterschied er einen jüngern von weisser Farbe und reich an Höhlen, zu denen die durch die Schilderungen im „Voyage aux régions équinoxiales“ berühmt gewordene, von Nachtvögeln bewohnte Guacharohöhle gehört. Durch seine petrographischen Eigenschaften erinnerte er Humboldt lebhaft an den von ihm benannten und als oberes Glied der

Zechsteingebilde aufgefassten weissen Jurakalk Europas, wie er ihn namentlich in Franken beobachtet hatte; und mit der Annahme, dass er als das Aequivalent dieses Jurakalks zu betrachten sei, war auch die von Humboldt wohl erkannte enge Verbindung zwischen dem weissen und grauen Kalk Venezuelas in Uebereinstimmung.

Als eine dritte Flötzformation Venezuelas betrachtete Humboldt das Hauptgestein der Llanos des Orenoco und Apure. Diese grossen zwischen dem Küstengebirge von Venezuela und der Gebirgsmasse von Parime sich ausdehnenden Ebenen, welche in den „Ansichten der Natur“ und zwar in der Abhandlung über „Steppen und Wüsten“ meisterhaft geschildert sind, hat Humboldt ausserdem sowol in seiner Skizze vom Jahre 1801 als auch in seiner „Relation historique“ und in dem „Essai sur le gisement des roches“ besprochen. Er beschreibt sie als einen alten Seeboden, der an seinen Rändern sich erhebt, auf grosse Strecken aber so gleichmässig horizontal ist, dass die darin vorkommenden sogenannten Bancos oder Mesas trotz ihrer geringen Erhebung auffallend werden, „gebrochene Flötzschichten“, wie er in den «Ansichten der Natur» sagt, „welche prallig ansteigen, 2—3 Fuss höher als das umliegende Gestein, und sich in einer Länge von 10—12 geographischen Meilen einförmig ausdehnen.“ In dem ungeheuern Massstabe, in dem die amerikanischen Ebenen sich entwickeln, sah er mit Recht ein geognostisches Phänomen, welches an Grossartigkeit mit der dortigen Gebirgswelt wetteifere und zu gleich sorgfältiger Untersuchung auffordere.

Als die Hauptgebirgsart, welche den Boden der Llanos des Orenoco und Apure zusammensetzt, hat Humboldt ein Conglomerat erkannt, welches aus abgerundeten, durch ein thoniges, eisenreiches Cement verbundenen Quarzen und Kieselschiefern besteht. An Ort und Stelle hatte er, wie er in der „Relation historique“ sagt, diese Conglomerate und die damit verbundenen Sandsteine wegen ihrer Uebereinstimmung mit denen des Rothliegenden und des Steinkohlengebirges für

Aequivalente dieser letztern gehalten. In seiner Skizze vom Jahre 1801 verglich er sie mit der Nagelfluhe von Salzburg, welche er damals zu den jüngern Flötzsandsteinen rechnete.

Diese Versetzung der Conglomerate und Sandsteine der Llanos in ein höheres geologisches Niveau, als die angrenzenden dem Zechstein zugeschriebenen Flötzgesteine des Küstengebirges einnehmen, kam der Wahrheit näher. Aber so sehr herrschte in damaliger Zeit bei der Beurtheilung der Gebirgsarten die Neigung, sich nach der mineralogischen Beschaffenheit derselben zu richten, dass Humboldt bald wieder auf seine erste Ansicht znrückkam. Diese wurde im „Essai sur le gisement des roches“ und in der „Relation historique“, ja in der Ausgabe der „Ansichten der Natur“ vom Jahre 1849 beibehalten, obgleich die Lagerungsverhältnisse schwer eine andere Annahme zuliessen, als dass der Boden der Llanos eine viel spätere Ausfüllnng der zwischen der Sierra Parime und der Küstenkette enthaltenen Niederung bilde.

Eine sehr specielle Untersuchung eines aus Flötzformationen bestehenden Districts hat Humboldt während seines längern Aufenthalts in Santa Fé de Bogota ausgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung findet man theils in dem „Essai sur le gisement des roches“, theils in der Abhandlung „Ueber die Hochebene von Bogota“, welche in der „Deutschen Vierteljahrsschrift“ von 1839 erschienen ist und durch das auf Tafel 6 des „Atlas géographique et physique“ gezeichnete Profil eine Erläuterung erhält.

Nach der Schilderung, welche Humboldt von der Hochebene von Bogota entwirft, bildet dieselbe auf dem westlichen Abhange der östlichen Kette von Neugranada eine jener Stufen, wie sie oft in den Anden und andern Hochgebirgen in verschiedenen Abständen übereinander folgen. Sie ist gleich der von Mexico rings von Höhen umschlossen. In der steilen Felswand, welche sich an der Ostseite der Ebene zum Kamm der Kette erhebt, sah Humboldt Sandsteine anstehen.

Geht man von der Darstellung aus, welche er in dem „Essai sur le gisement des roches“ von den Vorkommnissen bei Bogota gegeben hat, so überzeugt man sich, dass mehrere Umstände zusammenkamen, ihn in diesen Sandsteinen alte Kohlensandsteine vermuthen zu lassen. Theils fand er dieselben ringsumher nur auf Gesteine aufgelagert, welche er dem Ur- oder Uebergangsgebirge zurechnete; theils traf er an mehrern Punkten in ihnen Kohlenflötze an; theils endlich beobachtete er über ihnen, namentlich bei Zipaquira am Nordende der Hochebene, eine Gipsformation mit Steinsalz verbunden, welche er für ein Aequivalent des Zechsteins oder Alpenkalks ansprach. Denn wenn er auch früher viele der wichtigsten Salinen Europas im Auftrage der preussischen Regierung bereist und die Gewissheit erlangt hatte, dass das Steinsalz den verschiedensten Formationen gemein sei, so glaubte er sich doch mit Rücksicht auf den allgemeinen Gebirgsbau der Anden von Bogota für die obige Altersbestimmung der Salzlager von Zipaquira, die er auf Anregung des Vicekönigs von Neugranada in einer eigenen spanisch abgefassten Abhandlung beschrieb, entscheiden zu müssen.

Wir haben bereits gesehen, dass Humboldt die Sandsteine der Llanos von Venezuela, namentlich der mineralogischen Beschaffenheit der darin vorkommenden Conglomerate wegen, ebenfalls als alten Kohlensandstein betrachtete. In den Sandsteinen, welche den nördlichen, ebenen Theil von Neugranada zusammensetzen, hatte er dieselben Conglomerate beobachtet, auch wusste er, dass man am Rio Sinu Kohlen darin entdeckt habe. Dies führte ihn zu der in seiner Abhandlung über die Hochebene von Bogota ausgesprochenen Annahme, dass die in Rede stehende Formation aus den Ebenen sich quer über ein Gebirge von wenigstens 12000 Fuss Höhe fortsetze, gleich vielen andern Thatsachen für die Erhebung der Andeskette zeugend.

Die drei Gesteine, welche Humboldt als Kohlensandstein oder Rothliegendes, als Zechstein oder Alpenkalk und als Jurakalk unterschieden hat, setzen, dem „Essai sur le gisement des

roches“ zufolge, das Flötzgebirge des von Humboldt bereisten Theils von Südamerika zusammen und sind auch in Mexico vorhanden. Nach den Angaben des genannten Werkes würde der alte Kohlensandstein sich nicht allein in Venezuela und Neugranada finden; in Quito würde er das Plateau von Cuença, in Peru das von Caxamarca zusammensetzen; von dort würde er in die vom Amazonenstrom bewässerte Ebene von Jaen de Bracamoros hinabsteigen, ja, wenn die zwischen dem siebenten und achten Grade südlicher Breite in der westlichen Cordillere von Peru anstehenden Quarzite dazu gehören, eine noch grössere Ausdehnung erhalten. In Mexico findet sich nach Humboldt derselbe Sandstein namentlich bei Guanaxuato, von wo er sich weiter nördlich nach Neu-Mexico verbreitet. Von Zechstein- oder Alpenkalk-Vorkommnissen werden ausser denen Venezuelas und Neugranadas im „Essai sur le gisement des roches“ zahlreiche aus den Anden von Peru und Mexico angeführt; von Humboldt's weissen Jurakalken ausser den Vorkommnissen in Venezuela andere namentlich aus den dem Centralgebirge Mexicos angehörenden Hochebenen. In Beziehung auf den Jurakalk wich jedoch die Darstellung im „Essai sur le gisement des roches“ von Humboldt's frühern, namentlich von der in der „Geognostischen Skizze Südamerikas vom Jahre 1801“ insofern ab, als inzwischen ermittelt worden war, dass derselbe nicht unmittelbar über dem Zechstein folge, sondern von letzterm durch eine Reihe anderer Bildungen, wozu die sämmtlichen Triasgesteine gehören, getrennt sei, sodass Humboldt wenn er die Bestimmung der südamerikanischen weissen Kalke als Jurakalke bestehen lassen wollte, genöthigt war, den innigen Zusammenhang, den er zwischen ihnen und den grauen Kalken angenommen hatte, aufzugeben.

Indess während die Kenntniss der geschichteten Formationen immer weitere Fortschritte machte, und diese Fortschritte namentlich auch auf die Betrachtung der Alpen einen bedeutenden Einfluss ausübten, mussten in Humboldt Zweifel darüber

entstehen, ob nicht seine ersten in den Anden vorgenommenen Formationsbestimmungen überhaupt Modificationen zu erfahren hätten. Diese Zweifel veranlassten ihn, sich am Schlusse seiner Abhandlung über die Hochebene von Bogota also zu äussern: „Ich habe die Auflagerungen der Flötzformation nach blossen Raumverhältnissen beschrieben, ohne sie einzeln nach dem Parallelismus oder vielmehr nach ihrer Identität mit wohlerkannten europäischen Typen zu benennen. Eine solche Vorsicht ist nöthig zu einer Zeit, wo das genaue Studium zoologischer Kennzeichen und charakterisirender Fossilien der fast einzige sichere Wegweiser geworden ist.“ Und nachdem er die Ueberzeugung ausgesprochen hat, dass den Kalksteinen von Mexico, Neugranada und Peru das Schicksal der in den Schweizeralpen einheimischen bevorstehe, die seit 30 Jahren von Uebergangskalk durch viele Mittelstufen durchgehend grösstentheils als umgewandelter Lias oder gar als Kreideschichten erkannt worden sind, wirft er die Frage auf, ob die untere Kreide auch in der Andeskette aus dem Amazonenthale ansteigend sich über grosse Höhen verbreite, ob auch die mächtige Quarzformation von Peru (wo man von Caxamarca gegen die Südsee bei Truxillo hinabsteigt) Quadersandstein sei.

Als Humboldt seine Abhandlung über die Hochebene von Bogota im Jahre 1853 in seinen gesammelten kleinern Schriften von neuem abdrucken liess, konnte er die Beantwortung dieser Frage hinzufügen.

Seine eigenen Funde hatten bereits den Anstoss zur richtigen Beurtheilung der südamerikanischen Flötzformationen gegeben. Er hatte in Voraussicht der Bedeutung, welche die Fossilien einst gewinnen würden, solche von mehrern Punkten der südamerikanischen Anden heimgebracht; er hatte deren bei Zipaquira und Tocayma in der Nähe von Bogota, bei San-Felipe ($5\frac{1}{2}°$ südl. Br.), bei Montan in Peru, wo sie bis zu 2000 Toisen Höhe aufsteigen, gesammelt, er hatte deren aus den Gebirgen von Guancavelica in Peru erhalten, wo sie nach ihm die Höhe von 2200 Toisen erreichen. Auf seinen Wunsch über-

nahm es im Jahre 1839 Leopold von Buch, diese Versteinerungen, vermehrt durch die von Degenhardt nach Europa gesandten, zu bearbeiten, und hierbei ergab sich, dass sowol die kalkigen wie die sandigen Gesteine Neugranadas und Perus, aus welchen die Fossilien herstammen, sämmtlich der Kreideformation angehören („Pétrifications recueillies en Amérique“ u. s. w.). Leopold von Buch stellte auf Grund des ihm vorliegenden Materials die Vermuthung auf, dass in beiden Ländern nur diese eine Flötzformation zu finden sei, und dass die Kohlen und Salze bei Bogota, ebenso die problematischen Quarzite von Peru ihr angehörten. Später erwies sich durch die von Hermann Karsten in Südamerika gemachten Entdeckungen, dass die Flötzablagerungen des Küstengebirges von Venezuela ebenfalls der Kreideformation zuzurechnen sind. Es stellte sich nach den in verschiedenen Theilen der südamerikanischen Anden gesammelten Fossilien heraus, dass daselbst von untern Abtheilungen der Kreideformation das Neocom und der Gault, ausserdem auch jüngere Kreidebildungen, nach Karsten hauptsächlich foraminiferenreiche Schichten derselben, entwickelt sind.

Humboldt hatte aus der Thatsache, dass nicht allein die beiden von ihm im Flötzgebirge Südamerikas unterschiedenen Kalke, sondern auch der untere Kalk uud d.r Sandstein, wo der eine über den andern gelagert ist, durch Uebergänge miteinander verbunden sind, sogleich bei seiner ersten Beschäftigung mit diesem Flötzgebirge die Ansicht gewonnen, dass in den drei genannten Schichtensystemen eine einzige Folge dem Alter nach sich nahe aneinander anschliessender Bildungen vertreten sei. Diese Ansicht wurde durch den Nachweis, dass sie sämmtlich als Abtheilungen der Kreideformation angesehen werden müssen, bestätigt, während sich die Nothwendigkeit ergab, die ganze Folge an eine höhere Stelle in der Reihe der geognostischen Formationen zu rücken. Von dieser Folge der südamerikanischen Flötzgebilde, wie Humboldt sie auffasste, ist allerdings derjenige Theil in Abzug zu bringen, welcher nicht

dem Secundärgebirge, sondern jüngern Bildungen zugerechnet werden muss. Dies gilt, wie auch von Humboldt selbst später angenommen wurde, von den Gesteinen in den Ebenen von Venezuela. Es gilt aber ebenfalls von manchen, die an der Zusammensetzung der Gebirge Antheil nehmen. Humboldt hatte bereits im „Essai sur le gisement des roches“ zur Sprache gebracht, dass bei der „Neigung der neuern Geognosie, das Gebiet der Secundärbildungen auf Kosten der Uebergangs- und Tertiärformationen zu beschränken“, der Gedanke nahe läge, die Vorkommnisse von Bogota zum Theil für tertiäre zu erklären, indess schienen ihm die Gründe dafür nicht ausreichend. Nach Hermann Karsten's Beobachtungen sind in der That bei Bogota neben der Kreide auch tertiäre Ablagerungen vorhanden.

In einigen Theilen von Mexico hatte schon Humboldt ausser den in Südamerika von ihm angenommenen Flötzgebirgsarten noch andere, so den Buntsandstein („Essai géognostique“, S. 273), zu erkennen geglaubt. Auch spätern Forschungen zufolge würden daselbst Flötzformationen von sehr verschiedenem Alter vorkommen, deren Bestimmung und Abgrenzung wegen des zusammengesetztern Baues dieses Landes noch vielfache Untersuchung erfordern wird.

Sehr bezeichnend für die Zeit, aus der Humboldt's Veröffentlichungen über seine Reise herstammen, ist die Art, wie er das Uebergangsgebirge behandelt hat. Indem er seine eigenen in Amerika daran angestellten Beobachtungen mit den inzwischen in andern Ländern darüber bekannt gemachten zu einem Ganzen vereinigte, entstand das mit besonderer Vorliebe und Ausführlichkeit abgefasste demselben gewidmete Kapitel im „Essai sur le gisement des roches“.

Humboldt machte daselbst den für die Zeit der Herausgabe dieses Werkes überaus schwierigen Versuch, das Uebergangsgebirge, ebenso wie er es mit dem Urgebirge gethan hatte, zu gliedern, d. h. in eine Reihe ihrem Alter nach verschiedener Formationen zu sondern.

Als einen charakteristischen Unterschied zwischen dem Ur- und Uebergangsgebirge bezeichnete er, dass in ersterm die einzelnen Formationen im allgemeinen von grösserer Einfachheit wären und oft nur aus einer einzigen Hauptgebirgsart beständen, während sie sich in letzterm zusammengesetzter zeigten und aus alternirenden, periodisch wiederkehrenden Gesteinen zu bestehen pflegten, von denen mehrere allen Formationen gemeinsam zukämen. Bilde dies den allgemeinen Charakter der Uebergangsformationen, auf welchem ihre Zusammengehörigkeit zu dem grossen Transitionsgebirge beruhe, so seien doch in jeder Formation gewisse Gesteine vorherrschend und gäben derselben ein besonderes Gepräge: bald seien es Verbindungen von Thonschiefer, Grauwacke und Grünstein, bald von Kalk und Grauwacke, bald von Porphyr und Grauwacke, welche das hauptsächliche Material der Formation bilden.

Solcher theils durch ihren mineralogischen Bestand, theils durch ihre Stellung in der Reihe der Uebergangsgebilde, also durch ihr Alter voneinander unterschiedener Formationen hat Humboldt sechs namhaft gemacht, welche hier, von der untersten beginnend, folgen. Es sind:

1) Eine von Brochant aus dem Isèrethale beschriebene, der Hauptsache nach aus talkführenden Kalken, Uebergangsglimmerschiefern und antbracitführenden Grauwacken bestehende Formation.

2) Eine von Humboldt beobachtete Porphyrformation Südamerikas, ihm zufolge älter als die Hauptmasse der Thonschiefer und versteinerungsführenden Uebergangskalke.

3) Die Hauptthonschieferformation mit häufigen Grauwacken und versteinerungsführenden Uebergangskalken. Dazu rechnet Humboldt u. a. die Uebergangsgesteine von Deutschland und Belgien, die norwegischen unter dem Porphyr und Zirkonsyenit und verschiedene in Amerika beobachtete Vorkommnisse.

4) Die metallführenden porphyrischen Gesteine Ungarns und die von Humboldt als Analogon davon beschriebenen Mexicos,

jünger als der obige Thonschiefer und versteinerungsführende Kalk.

5) Die von Leopold von Buch und Hausmann beobachteten Porphyre und Zirkonsyenite Norwegens; endlich

6) Eine Formation, in welcher die Euphotide vorherrschen.

Zur Aufstellung dieser Formationen konnten damals nur unsichere petrographische Charaktere, der mehr oder weniger enge Anschluss an das primitive Gebirge, das Vorkommen unter oder über Schichten, die irgendwelche organische Reste enthalten, und andere nicht massgebende Umstände als Richtschnur dienen. Eine stichhaltige Gliederung des Uebergangsgebirges dem Alter nach, wie wir sie heute besitzen, ist erst später durch die Unterscheidung der einzelnen paläozoischen Faunen möglich geworden.

Unter den Uebergangsgebilden, die Humboldt in Amerika zu beobachten Gelegenheit hatte, sind es nach seiner Auffassungsweise die Porphyre der zweiten und vierten Formation, welche bei weitem die Hauptmasse ausmachen. Wir werden später auf dieselben eingehen. Von den nicht porphyrischen Uebergangsformationen sind nach ihm seine dritte und sechste in Amerika vertreten.

Zu Guanaxuato setzt der berühmte Erzgang, welcher von 1786 — 1803 jährlich im Durchschnitt über eine halbe Million Mark Silber geliefert hat, in einem Thonschiefer auf, welcher in der Mine von Valenciana in Talkschiefer übergeht. Humboldt hatte ihn in dem „Essai politique sur la Nouvelle-Espagne" auf die Grenze zwischen Ur- und Uebergangsgebirge gestellt. Im „Essai sur le gisement des roches" dagegen ist er, vornehmlich aus petrographischen Gründen, in die dritte der obigen Formationen, die grosse Grauwackenformation, versetzt und als Beispiel ihrer Ausbildungsweise besprochen. Beim Abteufen des dortigen Schachtes fand man von oben nach unten: Conglomerate, die Humboldt dem Rothliegenden zurechnet; schwarzen kohlenreichen Uebergangsthonschiefer; talkigen Thonschiefer;

wechselnde Bänke von Hornblendschiefer und Serpentin; Syenit. Da unter dem Syenit wieder kohliger Thonschiefer folgt, so kann es nach Humboldt keinem Zweifel unterliegen, dass Hornblendschiefer, Serpentin und Syenit untergeordnete Bänke im Thonschiefer bilden und zu derselben Abtheilung des Uebergangsgebirges wie dieser gerechnet werden müssen.

Ein anderes Beispiel von Vorkommnissen seiner dritten Transitionsformation sieht Humboldt in einer Gesteinsreihe, welche er in Venezuela beobachtet hat. Während er das westöstlich verlaufende Küstengebirge dieses Landes fast überall im wesentlichen aus Urgebirgsarten und sich südlich daran anschliessenden Flötzgesteinen zusammengesetzt fand, und zwar nicht allein, wie bereits besprochen wurde, im östlichen Theile dieses Gebirges um Cumana herum, sondern auch in dem westlich vom Unare gelegenen, glaubte er ein völlig davon abweichendes Verhalten in einem Profil zu erkennen, welches durch die Orte Neu-Valencia, Villa de Cura, Parapara und Ortiz bis an die Llanos von Calabozo geführt ist.

Wenn man in diesem Profil von Norden her die beiden aus Granit, Gneis und Glimmerschiefer bestehenden Ketten überschritten hat, zu denen das Küstengebirge von Venezuela sich erhebt, so sehe man weiter nach Süden vorschreitend, sagt Humboldt, den primitiven Serpentin des Tucutunemo in Trapp oder Grünstein übergehen. Dieser Grünstein finde sich von oberhalb Malpasso bis Parapara im Wechsel mit grünen Schiefern, an welche letztern sich nach der Quebrada de Piedras azules hin blauschwarze Thonschiefer anreihen. Bei Parapara trete Mandelstein auf, welcher Augite enthalte; und auf diesem Mandelstein endlich liege bei dem Hügel von Flores Porphyrschiefer, Phonolith, mit eingewachsenen Krystallen von glasigem Feldspat. In der Mitte zwischen Neu-Valencia und den Llanos erhebe sich plötzlich die aus Kalk bestehende steile Felsmasse des Morro de San-Juan.

Diesem Profile gab Humboldt in der „Relation historique“ die Deutung, dass die ganze Reihe der Serpentine, Grünsteine

und Schiefer eine Folge von Uebergangsgesteinen sei, welcher auch der Kalk des Morro von San-Juan zugerechnet werden müsse, und dass man in den Mandelsteinen und Phonolithen neuere vulkanische Gebirgsarten zu erkennen habe. Er kam auch anderweitig, z. B. in der dritten Ausgabe der „Ansichten der Natur“ vom Jahre 1849, auf dieses Profil zurück und legte grossen Werth auf dasselbe, weil er einerseits darin einen Beweis erblickte, dass die Gesteinsassociationen, mit denen er sich im europäischen Uebergangsgebirge beschäftigt hatte, an den verschiedensten Punkten der Erde sich wiederholen, und weil er ferner einen Beleg darin sah für die Neigung der vulkanischen Gesteine, an der Grenze des Gebirges gegen die Ebene zum Vorschein zu kommen, wo nach seiner Ansicht der Zusammenhang der zu durchbrechenden Erdkruste am geringsten und der Durchbruch daher am leichtesten war.

Humboldt hätte gewünscht, seine Auffassung durch die Nachrichten, welche Karsten im Anfange der funfziger Jahre aus Venezuela sandte, bestätigt zu sehen. Da diese eine Schilderung der Umgebungen von Ortiz und Parapara enthielten (vgl. *Karsten's* „Archiv“, Bd. XXIV und XXV), welche von der seinigen wesentlich abwich, so übergab er im Jahre 1853 dem Schreiber dieser Zeilen eine graphische Darstellung des von ihm beobachteten Durchschnitts, welche in der „Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft“, V, Tab. II. veröffentlicht worden ist, und begleitete dieselbe mit folgenden Worten (s. ebend. S. 18): „Es wird mir angenehm sein, wenn Sie es übernehmen wollten, unserer Societät ein Blatt vorzulegen, welches vor mehr als 53 Jahren gezeichnet ist. Die verdienstvollen Bemühungen von Hermann Karsten und der combinirende Scharfsinn unsers grossen dahingeschiedenen Geognosten Leopold von Buch haben ganz neuerlichst die Aufmerksamkeit auf die Sedimentformationen, besonders auf die Kreideformation von Venezuela und Neugranada geleitet. Vielleicht hat es einiges Interesse, die periodisch-wechselnden ältern

Formationen von grünem Schiefer, Serpentin und Grünstein wie die plutonischen Eruptivmassen (Mandelstein und Porphyrschiefer) ins Auge zu fassen, die das ehemalige Ufer des neptunischen grossen Seebodens (der Llanos de Caracas) bilden. Die Ränder solcher Becken konnten leichter zu Ausbrüchen Anlass geben. Es wäre sehr zu wünschen, dass das Alter des Kalksteins der Morros de San-Juan, die ich nicht habe besuchen können, genauer bestimmt würde."

Ein durch Humboldt bekannt gemachtes Vorkommen, welches er seiner sechsten Formation des Uebergangsgebirges zurechnete, ist das von Euphotiden und Serpentinen auf Cuba. Es ist bereits erwähnt worden, dass er sich den Mexicanischen Meerbusen und das Caribische Meer, deren Boden nichts anderes sei als eine submarine Fortsetzung der vom Mississippi und der Hudsonsbay eingenommenen Niederungen, durch Einbruch des Meeres von Osten her entstanden dachte. Durch eben diesen Einbruch sind ihm zufolge die Grossen Antillen, welche ursprünglich ein zusammenhängendes Gebirge bildeten, voneinander und vom Festlande getrennt worden. Den Theil dieses Gebirges, den er auf Cuba untersuchte (die Umgebungen von Havana, das Thal von Guines, die Küste zwischen Batabana und Trinidad), fand er aus geschichteten Gesteinen zusammengesetzt, in denen höhlenreiche, Versteinerungen führende Kalke von weisser oder gelblicher Farbe vorherrschten. Bei Trinidad, wo sie steile, pittoreske Pics bilden, wurde er durch sie lebhaft an die Kalke von Caripe in Venezuela erinnert. Er ist geneigt, dieselben gleich jenen für Jurakalke anzusehen (vgl. „Essai sur le gisement des roches", p. 292), will sich indess um so weniger, als er nur nach äusserm Ansehen, nicht nach Lagerungsverhältnissen urtheilen kann, entschieden in diesem Sinne aussprechen und zieht es vor, das Gestein nach seinem Vorkommen in dem schönen, südlich von Havana gelegenen Thale von Guines zu benennen. Mit dem Kalk von Guines glaubt Humboldt auch die mergeligen Sandsteine von röthlicher Farbe, welche denselben hier und da über-

lagern, vereinigen zu sollen; den Gips von Cuba rechnet er ebenfalls zu den secundären, nicht zu den tertiären Bildungen. Oestlich von der Havana hat Humboldt aus den Secundärformationen eine aus wechselnden Bänken von Syenit, Euphotid und Serpentin bestehende Felsmasse hervorragen sehen. Schon im Jahre 1804 hatte er eine Beschreibung dieses Vorkommens in spanischer Sprache verfasst, welche unter dem Titel: „Noticia mineralogica del Cerro de Guanabacoa comunicada al Ex. Sr. Marques de Someruelas, Capitan general de la Isla de Cuba" im „Patriota Americano" von 1812 in der Havana abgedruckt wurde. Im „Essai sur le gisement des roches" sind die genannten Gesteine als Beispiel seiner neuesten an der Grenze gegen das Flötzgebirge stehenden Uebergangsformation aufgeführt.

Aber von allen durch Humboldt geschilderten Transitionsgesteinen sind die den Hauptbestandtheil seiner zweiten und vierten Uebergangsformation ausmachenden Porphyre diejenigen, welche das Interesse am stärksten in Anspruch nehmen. Diese Porphyre, sagt er, zum Theil reich an edeln Metallen, stehen meistentheils in enger Verbindung mit Trachyten, durch welche hindurch die vulkanischen Kräfte noch wirksam sind, und bilden in petrographischer Hinsicht Uebergänge in dieselben. Der Grund, warum er sie dennoch von den Trachyten trennte, liegt hauptsächlich in der von ihm angestellten Beobachtung, dass sie zuweilen von Gesteinen bedeckt werden, welche er als Uebergangs- oder altes Flötzgebirge bestimmte, zuweilen auch untergeordnete Lager von Gesteinen enthalten, welche er als Syenite, Grünsteine oder Serpentine betrachtete und deren Zugehörigkeit zum Uebergangsgebirge er für zweifellos hielt.

Im Gestein sind beide Porphyre nach Humboldt einander sehr ähnlich. Als charakteristisch für beide bezeichnet er im „Essai sur le gisement des roches" das beinahe gänzliche Fehlen des Quarzes; in dem einen wie in dem andern könne sich glasiger Feldspat finden, der alsdann meist in Verbindung mit dem

gemeinen auftrete, in beiden sei Hornblende vorhanden, endlich gelte auch das öftere Hinzukommen des Augits für beide. Diese Charaktere habe er in allen seinen Schriften seit 1805 betont.

Die Unterscheidung der ältern und jüngern Porphyre gründete er darauf, dass die einen sich auf primitive Gebirgsarten aufgelagert und stellenweise von Gesteinen bedeckt zeigten, welche er für Transitionsgesteine ansprach, die andern auf diese Transitionsgesteine aufgelagert und von Gesteinen bedeckt, in welchen er eine aus Kalken, Sandsteinen und Gipsen bestehende Flötzformation erkennen zu müssen glaubte.

Die ältere Gesteinsgruppe, vorzugsweise in Südamerika ausgebildet, begreift nach Humboldt die Transitionsporphyre der Anden von Popayan und derer von Peru, welche er auf der Rückreise vom Amazonenstrom nach der Südsee überschritt, in sich. Als eins der ausgezeichnetsten Vorkommnisse derselben betrachtete er das in der Nähe von Julumito bei Popayan. Als zweifelhaft hierher gehörig und vielleicht schon den Uebergängen in den Trachyt beizuzählen sah er die Porphyre zwischen Popayan und Almaguer an, während er mit grösserer Sicherheit die Gesteine von Voisaco in den Anden von Pasto hinzurechnete. Wenn man weiter nach Süden die Anden von Quito über Loxa nach Ayavaca verfolgt, sieht man, wie Humboldt sagt, abwechselnd primitive Felsarten und Porphyre zu Tage stehen. Fast überall, wo das Gebirge sich erhebt, zeigen sich die Porphyre und verdecken den Gneis und Glimmerschiefer. Je mehr sie sich den häufig unmittelbar darüber folgenden Trachyten nähern, desto mehr sieht man in ihnen den glasigen Feldspat, die Hornblende und zuweilen auch den Augit häufiger werden.

Die zweite, jüngere Gruppe von Porphyren ist nach Humboldt die in Mexico verbreitete. In ihr vereinigte er mit den Porphyren Gesteine, welche er im „Essai sur le gisement des

roches", S. 166, als Syenite und porphyrartige Grünsteine bezeichnet hat. In ihr hat sich in Mexico ein grosser Reichthum an edeln Metallen gefunden, wie in der entsprechenden Formation Ungarns. Uebergangsporphyre, sagt Humboldt, welche man geneigt wäre zu den Trachyten zu stellen, weil sie Bänke von Phonolith mit glasigem Feldspat enthalten, nähmen Theil an diesem Reichthum. So sei das Gestein, welches den Goldgang von Villalpando bei Guanaxuato durchsetzt, ein Porphyr, dessen Basis sich der des Klingsteinporphyrs nähert. Gänge von Zimapan, zu den instructivsten gehörig, die er kenne, durchsetzten Porphyre mit Grünsteingrundmasse, welche den Trappgesteinen neuer Formation glichen.

Die Untersuchung der Erzvorkommnisse, sowol derer in den hier genannten Gesteinen als aller übrigen in den von ihm durchforschten Landstrichen, musste Humboldt als Bergmann und Geognost, ausserdem aber auch in Beziehung auf den Einfluss, welchen der Metallreichthum auf die Geschichte Amerikas und auf die Verkehrsverhältnisse der Alten Welt ausgeübt hat, lebhaft beschäftigen. In Mexico besuchte er mehrere der wichtigsten Minendistricte selbst, so den von Tasco, von Pachuca und von Guanaxuato. Ausserdem nahm er Gelegenheit, sich aus den Acten der dortigen Bergbehörden über zahlreiche andere Districte zu unterrichten und auf diese Weise ein reiches darauf bezügliches Material zu sammeln.

Wenn die grossen Silber- und Goldlagerstätten Ungarns und Siebenbürgens, sagt er im „Essai sur le gisement des roches", ausschliesslich in den Gesteinen angetroffen worden seien, die seiner erzführenden Porphyrformation angehören, so lasse sich nicht dasselbe von denen Mexicos sagen. Allerdings habe der Porphyr zu Pachuca und Real del Monte bedeutende Schätze geliefert, doch ständen dieselben hinter denen zurück, welche man aus nicht porphyrischen Gesteinen ziehe. Im centralen Theile von Mexico, wo die Porphyre eine bedeutende Verbreitung haben, seien es im allgemeinen nicht diese, welche die Erze der grossen Gewinnungen von Guanaxuato,

Zacatecas und Catorce liefern. Der Bergbau bewege sich dort fast ganz in Thonschiefer, Grauwacke und Alpenkalk; fast ganz, denn die Veta Madre zu Guanaxuato, welche bis 1804 den sechsten Theil der ganzen amerikanischen Ausbeute geliefert habe, durchsetze ausser dem Thonschiefer auch den Porphyr. Es gebe in Amerika überhaupt keine Felsart älter als der Alpenkalk, sagt Humboldt, die nicht irgendwo silberführende Gänge enthielte. Das Phänomen dieser Gänge, fügt er hinzu, in denen sich unsere Metallschätze abgesetzt haben, vielleicht wie der Eisenglanz sich noch heute in den Spalten der Laven bildet, scheint sozusagen unabhängig zu sein von der Natur der Gesteine.

Zur Zeit des Humboldt'schen Aufenthalts in Mexico wurden daselbst 4—5000 Gänge ausgebeutet. Zwar hatte sich schon vor seiner Reise von dem in Amerika seit langer Zeit betriebenen Bergbau mannichfache Kunde nach Europa verbreitet, doch waren seine Mittheilungen über die Art, wie sich die mexicanischen Erzvorkommnisse auf die verschiedenen Formationen vertheilen, und über die statistischen Verhältnisse der einzelnen Gruben, als er im Jahre 1811 den „Essai politique sur la Nouvelle Espagne" veröffentlichte, dem bei weitem grössten Theile nach neu: Wissenschaft und Technik erhielten dadurch eine gleich grosse Bereicherung.

Was aber den Transitionsporphyren in Humboldt's Augen die grösste Wichtigkeit verlieh, das war ihr Verhalten zu den thätigen Vulkanen. Er fühlte bald nachdem er den vulkanischen Boden Amerikas betreten hatte, dass die Aufklärung dieses Verhaltens die wesentlichste aber auch schwierigste geologische Aufgabe bilden würde, welche er sich von nun an im Neuen Continent zu stellen hätte. Als er seine Untersuchungen in Amerika ausführte, betrachtete die Werner'sche Schule die Vulkane als sehr untergeordnete locale Erscheinungen, welche in der zufälligen Entzündung fossiler, nahe unter der Oberfläche liegender Brennstoffe ihren Grund hätten. Humboldt selbst, obgleich er gegen diese Auffassungsweise schon früh Zweifel

gehegt zu haben scheint, hatte dieselbe doch zur Zeit seiner Abreise aus Europa keineswegs vollständig verlassen. Als er aber in den südamerikanischen Anden und in Mexico die Vulkane die höchsten Gipfel des Gebirges bilden und grosse Gebiete beherrschen sah, musste sich eine andere Ansicht bald bei ihm geltend machen. Ueberdies beobachtete er, dass mehrere der dortigen Vulkane aus Urgebirge aufsteigen, der Tolima aus Granit, der Puracé aus Glimmerschiefer; ja im Hochgebirge von Quito, dessen Oberfläche zum grössten Theil aus vulkanischen Producten besteht, fand er nach langem Forschen an der Basis des Tunguragua ebenfalls den Glimmerschiefer und Granit unter Umständen, welche beweisen, dass diese Gebirgsarten durch die Gesteine des genannten Vulkans durchbrochen wurden. Diese Beobachtungen in Uebereinstimmung mit denen, welche in Beziehung auf mehrere europäische Landstriche, namentlich auf die Auvergne angestellt worden waren, schafften ihm die feste Ueberzeugung, dass die Vulkane ihren Herd in grosser Tiefe und unter dem Urgebirge haben müssten.

Von hervorragender Bedeutung für die Entwickelung des Vulkanismus überhaupt aber war Humboldt's Beobachtung, dass gewisse damals als eine eigene Art quarzloser Grünstein- und Syenitporphyre betrachteter, in der Folge als Trappporphyre und Trachyte bezeichneter Gesteine, welche in Amerika eine weite Verbreitung besitzen, sich überall einstellen, wo man sich den Vulkanen nähere, diese letztern also ankündigten und jedenfalls in engster Beziehung zu ihnen ständen.

Leopold von Buch bezeichnet („Abhandlungen der berliner Akademie aus den Jahren 1812—1813") diese Beobachtung als einen der bedeutendsten Fortschritte, welche die Theorie der Vulkane seit Dolomieu's Zeiten gemacht habe. Wenn der Trappporphyr auch von vielen beschrieben worden sei, so dürfe man für den Entdecker dieser Gebirgsart doch nur den halten, der ihre Verbindung mit den Vulkanen klar eingesehen habe. Und in dieser Hinsicht gebühre die Ehre der Entdeckung Humboldt.

Da Humboldt überdies den Trappporphyr in Gesteine von vollständig glasiger oder schlackiger Beschaffenheit, wie die Vulkane selbst sie liefern, übergehen sah, so nahm er bald keinen Anstand mehr, demselben einen feurig-flüssigen Ursprung zuzuschreiben. Aber wie war es dann zu erklären, dass eine kaum weniger enge Verbindung desselben mit seinen erzführenden und erzfreien Transitionsporphyren stattfand? Diese Verbindung, sagt er, sei zunächst in petrographischer Hinsicht eine solche, dass es unmöglich werde, einen durchgreifenden Unterschied zwischen den genannten Gesteinen aufzufinden; der Quarz sei in den alten Porphyren der Anden ebenso wie in den Trappporphyren selten, aber ganz fehle das Mineral weder in dem einen Gestein noch in dem andern; obgleich die in den Trappporphyren gewöhnlich vorherrschende glasige Varietät der feldspatartigen Mineralien in den Transitionsporphyren seltener sei als die nicht glasige, so kämen doch, namentlich in den alten Porphyren Mexicos, die beiderlei Abänderungen an einer nicht unbedeutenden Anzahl von Stellen miteinander vor; Hornblende und Augit fände sich ebenfalls in beiden Gesteinen; die Transitionsporphyre böten häufig ein geschichtetes Ansehen dar, ebendasselbe komme im Trappporphyr am Chimborazo vor. Zu den Mitteln, den Porphyr, auch wo er nicht durch die ihn bedeckenden Gesteine bestimmt wird, dennoch von dem Trachyt zu trennen, rechnet Humboldt schliesslich die Verbindung der Trachyte mit glasigen Gesteinen wie Perlstein, Obsidian und Bimsstein, ebenso das Auftreten der Erze nur in den Porphyren und nicht in den Trachyten.

Aber auch in Beziehung auf ihr Vorkommen, sagt Humboldt, zeigten die Transitions- und Trappporphyre eine ausgesprochene Gemeinsamkeit. Denn die letztern fänden sich ganz vorherrschend innerhalb des Bereichs der erstern, sei es dass sie, die Erdrinde erhebend und durchbrechend, sich seitlich über dieselben ausbreiteten, oder dass sie senkrecht darüber emporstiegen, um die Form von Glocken zu bilden, wie der Chimbo-

razo, oder von Schlossruinen, wie die hohen Andengipfel von Peru zwischen Loxa und Caxamarca.

Alle diese Umstände bewogen Humboldt zunächst, in den Transitionsporphyren, Trappporphyren und vulkanischen Gesteinen eine einzige continuirliche Reihe durch Verbreitung und Gesteinsbeschaffenheit zusammenhängender Gebirgsarten zu erblicken, dann aber sich die Frage zu stellen, ob diese Gebirgsarten nicht sämmtlich auch in ihrer Entstehungsweise übereinstimmten. Anfänglich wies er zwar diesen Gedanken zurück, indem er ausführte, dass Aehnlichkeit der Gesteine nicht mit Sicherheit auf Gleichheit der Bildung schliessen lasse. Indess im „Essai sur le gisement des roches" finden wir bereits die Ueberzeugung von dem vulkanischen Ursprung seiner alten Porphyre ausgedrückt. Wir haben schon oben besprochen, dass er um diese Zeit anfing dieselbe Entstehungsweise für Gesteine des Urgebirges als möglich anzusehen, und dass er sich wenig später für den vulkanischen und eruptiven Ursprung des Granits erklärte.

Es lag, nachdem Humboldt einen Theil der Porphyre Amerikas als Trachyte von den übrigen getrennt hatte, nahe, die Möglichkeit ins Auge zu fassen, dass auch die andern als solche zu betrachten und mit demselben Namen zu belegen seien. Humboldt selbst hat in der That diese Frage ebenfalls schon früh erwogen, aber auch im „Essai sur le gisement des roches" noch nicht bejahen mögen. Nachdem die den Humboldt'schen alten Porphyren Amerikas in vieler Beziehung ähnlichen Gesteine Ungarns und Siebenbürgens durch die Untersuchungen von Richthofen, Stache, Andrian als Bestandtheile einer Reihe aufeinanderfolgender trachytischer Formationen beschrieben wurden, nachdem Richthofen dieselben Formationen auch in Californien erkannt hat, ist nicht zu zweifeln, dass der grössere Theil der Humboldt'schen alten Porphyre ebenfalls dahin gehöre.

Was die Vulkane betrifft, so ist der Grundgedanke über die Entstehung derselben, zu welchem Humboldt durch seine

Beobachtungen in Amerika gelangte, der, dass die Berge, denen dieser Name zukommt, d. h. diejenigen, durch welche eine mehr oder weniger andauernde Verbindung des Innern der Erde mit der Atmosphäre eingeleitet worden ist, sich gebildet haben, indem heisse gespannte Dämpfe aus der Tiefe gegen die darüber befindliche Erdkruste wirkten und dieselbe in erweichtem Zustande blasenförmig auftrieben. Wenn ein auf diese Weise entstehender im Innern hohler Berg durch die Gewalt der Dämpfe an seiner Spitze gesprengt wurde, so bildete sich ein mit einem Gipfelkrater versehener Kegelberg, wenn die Sprengung nicht erfolgte, ein Berg von glockenartiger Gestalt, an welchem Ausbrüche, fanden sie überhaupt statt, nur seitlich geschehen konnten.

Inwieweit bei dieser und andern Aeusserungen der vulkanischen Thätigkeit eine Mitwirkung des Wassers anzunehmen sei, darüber hat Humboldt geglaubt sich nicht vollständig entscheiden zu dürfen. Im „Kosmos“, I, 253, bemerkt er, die grosse Zahl von Insel- nnd Küstenvulkanen habe schon früh den Glauben erzeugt, als stehe jene Thätigkeit in Verbindung mit der Nähe des Meeres, in neuerer Zeit habe man selbst die Hypothese des Eindringens des Meerwassers in den Herd der Vulkane aufgestellt. „Wenn ich alles zusammenfasse“, fährt er fort, „was ich der eigenen Anschauung oder fleissig gesammelten Thatsachen entnehmen kann, so scheint mir in dieser verwickelten Untersuchung alles auf den Fragen zu beruhen, ob die unleugbar grosse Masse von Wasserdämpfen, welche die Vulkane selbst im Zustande der Ruhe aushauchen, dem mit Salzen geschwängerten Meerwasser, oder nicht vielmehr den süssen Meteorwassern ihren Ursprung verdanken; ob bei verschiedener Tiefe des vulkanischen Herdes die Expansivkraft der erzeugten Dämpfe dem hydrostatischen Drucke des Meeres das Gleichgewicht halten und den freien Zutritt des Meeres zu dem Herde unter gewissen Bedingungen gestatten könne; ob die vielen metallischen Chlorüre, ja die Entstehung des Kochsalzes in den Kraterspalten, ob die oftmalige Beimischuug von Hydrochlorsäure in den Wasserdämpfen nothwendig auf jenen Zutritt des

Meerwassers schliessen lassen; ob die Ruhe der Vulkane von der Verstopfung der Kanäle abhänge, welche vorher die Meer- oder Meteorwasser zuführten, oder ob nicht vielmehr der Mangel von Flammen und von ausgehauchtem Hydrogen mit der Annahme grosser Massen zersetzten Wassers in offenbarem Widerspruch stehe."

Als eine wichtige Stütze für seine Theorie von der Bildungsweise der Vulkane betrachtete Humboldt die vom Vulkan Jorullo in Mexico dargebotenen Erscheinungen, einem Vulkan, der, wenn auch schon vor seiner Reise von einigen Autoren erwähnt, doch in Europa fast unbeachtet geblieben war, seit jener Reise aber zu grosser Berühmtheit gelangt und später mehrfach, namentlich durch Burkart, Emil Schleiden, Pieschel, einer genauen Untersuchung unterworfen worden ist.

Die Entstehung dieses Vulkans in der Nacht vom 28. zum 29. September 1759 im Innern des Landes, auf einem Plateau von 750 bis 800 Metern über dem Ocean, nennt Humboldt eine der merkwürdigsten Begebenheiten, welche die Annalen der Geschichte unsers Planeten aufzuweisen haben. Er nahm an, dass, nachdem Erdstösse und unterirdisches Getöse (bramidos) mehrere Monate gedauert hatten, in jener Nacht ein Theil des erwähnten Plateaus, welcher bis dahin bebautes Feld gewesen war, jetzt aber das wüste Malpays bildet, sich blasenartig erhoben habe. Von den sechs Kegeln, welche, eine Höhe von 4—500 Metern über der Ebene erreichend, in reihenförmiger Anordnung aus dem Malpays hervorragen, und deren einer, seiner Beobachtung zufolge, einen mit Fragmenten eines durchbrochenen granitischen Gesteins erfüllten Lavastrom ergossen hat, setzte er voraus, sie wären auf einer Spalte der gehobenen und bei der Hebung geborstenen Erdrinde als Erhebungskegel aufgestiegen.

Humboldt's Ansicht von der Bildungsweise des Jorullo und ganz besonders des den Ausgangspunkt seiner Betrachtungen bildenden Malpays ist vielfach bekämpft worden und namentlich von seiten derjenigen Geologen, welche einer plötzlichen und localen Erhebung des Bodens keinen irgendwie bedeutsamen

Einfluss auf die Entstehung der Vulkane zugestehen, sondern dieselben der Hauptsache nach als allmählich durch Schlackenauswürfe und Lavaergüsse aufgebaut betrachten. Die von ihm gegebenen Beschreibungen und Abbildungen wurden in verschiedener Weise gedeutet, und von den spätern Beobachtern an Ort und Stelle erklärte sich Burkart für die Erhebung des Malpays, Emil Schleiden gegen dieselbe.

Während von den Gegnern die Ueberzeugung ausgesprochen wurde, dass die Erhöhung des Malpays lediglich durch Ausbreitung von Lavaströmen über die ursprüngliche Ebene entstanden sei, hielt Humboldt an seiner Ansicht fest. Er berief sich auf die Berichte von Augenzeugen, von denen ausdrücklich behauptet worden sei, sie hätten den Boden sich heben sehen. Er betrachtete die Form des Malpays selbst als einen sprechenden Beweis für seine Auffassungsweise. Er hatte durch Messung festgestellt, dass dasselbe an seinem steilen Aussenrande, der von andern Geologen für das Ende von Lavaströmen erklärt wurde, nur 12, in seinem Centrum aber 160 Meter über die ursprüngliche Ebene aufsteigt, und hielt die Anschwellung für viel zu regelmässig, als dass man sie auf die immer ungleiche Anhäufung von Lavamassen zurückführen könnte. Er hatte endlich an jenem steilen Rande des Malpays wellenförmig verlaufende Schichten zu erkennen geglaubt, welche ihm keinen Zweifel darüber liessen, dass man ein aus dem Zusammenhange mit den unerhoben gebliebenen Theilen der Ebene gerissenes Stück Landes vor sich habe. Der Jorullo, so nahm Humboldt an, sei bei der plötzlichen und localen Erhebung des Bodens gewissermassen auf der That ertappt worden, und diese Erhebung sei auch durch die Erscheinungen, welche er selbst noch bei seiner Anwesenheit hatte beobachten können, erwiesen genug, um bei der Erklärung von der Bildungsweise der Vulkane überhaupt zu Grunde gelegt zu werden.

Vielfache Erörterungen knüpften sich ebenfalls an die sogenannten Hornitos, kleine 2—3 Meter hohe backofenähnliche

Hügel, welche, als Humboldt den Jorullo besuchte, zu Tausenden die Oberfläche des Malpays bedeckten und Wasserdämpfe aushauchten; nach seiner Beschreibung zeigten sie sich aus verwitterten concentrischschaligen, durch weiche Lettenmasse verbundenen Basaltkugeln zusammengesetzt. Während von Geologen, die das Malpays als die Oberfläche von Lavaströmen betrachten, angenommen worden ist, die Hornitos seien durch Anhäufung von Lavamasse um heftige Gasentwickelungen jener Ströme entstanden, betonte Humboldt die Abwesenheit schlackiger Bildungen in den Hornitos und neigte, nach verschiedenen Versuchen die Entstehungsweise derselben zu erklären, zu der Ansicht, welche Leopold von Buch äusserte, indem er ihm schrieb: „Ihre Hornitos sind nicht durch Auswürflinge aufgehäufte Kegel, sie sind unmittelbar aus dem Erdinnern gehoben" („Kosmos", IV, 347). Als Burkart 24 Jahre später den Jorullo sah, hatten die Hornitos sich bedeutend verändert. Wahrscheinlich ist es daher, dass schon die Erscheinungen, welche Humboldt an denselben beobachtet hat, zum Theil durch die Zersetzung der sie bildenden Gesteinsmasse erzeugt waren, und dass diese Zersetzung seitdem sehr rasch weiter vorgeschritten ist.

Humboldt's Beobachtungen am Jorullo fallen ungefähr in dieselbe Zeit, in welcher Buch die ersten Andeutungen seiner Theorie der Erhebungskrater niederschrieb (s. dessen Briefe aus der Auvergne vom Jahre 1802). Als Buch diese Theorie weiter ausbildete, nahm Humboldt um so weniger Anstand ihr beizutreten, als sie zu seinen eigenen Ansichten in genauester Beziehung stand und sehr wohl damit vereinbar war. Die entwickeltste Form der Vulkane, wie die des Vesuvs oder Pics von Teneriffa, betrachtete er als durch Aufsteigen eines seiner oben geschilderten Erhebungskegel innerhalb eines Erhebungskraters entstanden. Den centralen Kegel der grossen Vulkane dachte er sich nicht durch Aufschüttung von Schlacken, sondern gewissermassen in einem Stück erzeugt. Erhebungskrater und Erhebungskegel bilden, einem von ihm eingeführten Ausdruck

zufolge, die „alten Gerüste" der Vulkane, an welche sich die jüngern Eruptionsproducte erst anschlossen. In dem von ihm bereisten Theile von Amerika, meinte Humboldt, seien die Vulkane im allgemeinen als Erhebungskegel ohne umgebenden Erhebungskrater ausgebildet. Dass sich auch vulkanische Schlackenberge bilden, leugnete er nicht, aber er erkannte nur die Existenz von solchen an, welche eine rasch vorübergehende Thätigkeit entwickeln. Gegen die Annahme, dass wirkliche Vulkane mit dauernder Thätigkeit durch allmählichen Aufbau, durch Anhäufung von Schlacken und sich überlagernden Lavaschichten entstanden seien, erklärte sich Humboldt entschieden. Auch da, wo das „alte Gerüst" des Berges nicht sichtbar war, nahm er an, dass dasselbe nur durch später herübergeschüttete Laven, Schlacken und Aschen verdeckt worden sei.

Humboldt beobachtete, dass die Kegel- und Glockenberge in den von ihm untersuchten Theilen Amerikas in regelmässigen Reihen geordnet sind, und folgerte hieraus, dass, wie im kleinen Schlackenberge auf Spalten an den Abhängen der Vulkane entstehen, jene Kegel und Glocken sich über grossen Spalten der durch den Druck der eingeschlossenen Dämpfe geborstenen Erdkruste erhoben haben. In Südamerika fand er die Reihen der Kegel und Glockenberge parallel der Achse der Anden; eine solche Reihe erhob sich an der mittlern Gebirgskette von Neugranada, zwei einander parallele an den beiden von Nord nach Süd sich erstreckenden Ketten, welche das Hochland von Quito einfassen. Nicht gering war daher seine Verwunderung, als er in Mexico jede Regelmässigkeit in der Anordnung der Vulkane vermisste, bis er, nach Europa zurückgekehrt, beim Eintragen der Maxima der Höhen in seine Karte von Neu-Spanien die Entdeckung machte, dass es dort eine die Achse des Gebirges beinahe rechtwinkelig schneidende Linie der Vulkane und zugleich der grössten Höhen gibt, die nur wenige Minuten um den Parallelkreis von 19° oscillirt und sich vom Atlantischen zum Stillen Meere erstreckt. Humboldt schloss hieraus, dass eine ungeheuere Querspalte, über welche die Vul-

kane hervorgestiegen seien, zu dieser Anordnung Veranlassung gegeben habe, und machte bemerklich, dass der Jorullo sich in derselben Linie erhoben habe („Kosmos“ IV, 312). Die Spalte lässt sich sogar nach ihm bis zu der Inselgruppe Revillagigedo im Stillen Meere, die in der Verlängerung der mexicanischen Vulkanenlinie liegt und in deren Nähe schwimmende Bimssteine beobachtet worden sind, ja vielleicht („Kosmos“ IV, 313) bis zum Mauna Roa verfolgen. Von den Vulkanen, welche um etwas von jener Linie abweichen, nahm Humboldt an, dass sie sich auf kleinern Spalten, die mit der Hauptspalte einen Winkel bilden, erhoben haben. Auf einer solchen kleinern Spalte sind nach ihm die sechs einzelnen Kegel des Jorullo geordnet („Kosmos“ IV, 343).

Die Annahme von dem Vorhandensein grossartiger Spaltenbildungen spielte überhaupt eine bedeutende Rolle in Humboldt's Erklärungen geologischer Phänomene. Wenn durch den von innen nach aussen ausgeübten Druck Faltungen des Bodens entstanden, so wurden, sagt er, infolge davon Spaltennetze oder Parallelspalten erzeugt, über denen geschmolzene, zu horizontalen Lagern sich gestaltende Massen, oder geschlossene und geöffnete Glocken- und Kegelberge, oder endlich, wie oben erwähnt wurde, ganze Gebirgsketten aufsteigen konnten.

Insoweit die Spalten nicht ausgefüllt sind, bilden sie nach ihm ein System innerer Kanäle und Weitungen, durch welche unterirdische Verbindungen zwischen weit voneinander entfernten Punkten hergestellt werden.

Eine sehr eigenthümliche Verbindung nahm Humboldt (unter andern in seiner Abhandlung „Ueber den Bau und die Wirkungsart der Vulkane“) zwischen den einzelnen Vulkanen des Hochlandes von Quito an. Er stellte die Ansicht auf, dass dieses Hochland, welches nach Westen gegen das Stille Meer, nach Osten gegen die Ebenen des Amazonenstroms abfällt, ein einziges zusammenhängendes Gewölbe bilde, gleichsam einen einzigen ungeheuern vulkanischen Herd. Die Ausbrüche, sagt er, finden bald durch die eine, bald durch die andere der Oeffnungen statt, welche

sich auf die beiden das Hochland begrenzenden Ketten vertheilen, und welche man sich gewöhnt habe als abgesonderte Vulkane zu betrachten. Es zeigt sich nach ihm, dass in diesem Herde seit 300 Jahren eine Wanderung der vulkanischen Thätigkeit von Norden nach Süden stattgefunden habe, wenn man die Häufigkeit der Pichincha-Ausbrüche während des 16. Jahrhunderts und die seitdem gewachsene Thätigkeit der südlichern Vulkane zwischen Cotopaxi und Tunguragua berücksichtige. Moritz Wagner, welcher das Hochland von Quito in seinen „Naturwissenschaftlichen Reisen im tropischen Amerika" geschildert hat, sieht dagegen in den Erscheinungen, welche die Vulkane Quitos darbieten, eine grössere Unabhängigkeit der einen von den andern.

Eine Eigenthümlichkeit der von Humboldt untersuchten südamerikanischen Vulkane, welche ihn viel beschäftigt hat, ist die schon vor seiner Reise an ihnen aufgefallene, dass sie häufig keine Spur von Lavaströmen aufzuweisen haben und ihre Thätigkeit auf das Ausstossen von Schlacken, Asche und Dämpfen beschränken. Er hatte schon früh auf die Vergleichung des niedrigen Stromboli mit dem Vesuv und Aetna die Vermuthung gegründet, dass die Intensität ebenso wie die Häufigkeit der Ausbrüche an den Vulkanen in demselben Masse sich vermindere, wie die Höhe derselben zunehme. Später aber fand er, dass der hohe Sangay in Quito den Stromboli noch an Thätigkeit übertreffe; und nachdem er geltend gemacht hatte, dass es sich nicht um die über das Meeresniveau aufragende, sondern um die ganze Länge des Verbindungskanals mit dem vulkanischen Herde handle, gegen welche letztere die Höhenunterschiede der äusserlich sichtbaren Vulkane verschwänden; nachdem er hervorgehoben hatte, dass durch Verstopfung des Kanals nnd andere locale Vorgänge eine Verminderung der Ausbrüche entstehen könne, die von der Höhe des Vnlkans unabhängig sei: zog er aus allen diesen Umständen den Schluss, dass es überhaupt unmöglich sei, eine einfache Beziehung zwischen der Höhe und der Thätigkeit der Vnlkane aufzufinden.

Als den einzigen Vulkan in Quito, an dem sich Lavaströme beobachten liessen, betrachtete Humboldt in früherer Zeit den Antisana, von dem er im „Atlas géographique et physique" tab. 26 einen Plan veröffentlicht hat. Da er indess auch an diesem Vulkane nicht zusammenhängende Lavaströme, sondern nur Züge oder Wälle incohärenter Lavablöcke wahrgenommen hatte, so warf er im „Kosmos" (IV, 358), wo er die verschiedenen Möglichkeiten der Entstehungsweise dieser Züge oder Wälle untersuchte, die Frage auf, ob die Blöcke, mit denen man es hier zu thun habe, nicht etwa als solche den Vulkanen entstiegen seien, und zwar entweder als halbverschlackte und glühende Massen, oder gar als feste Massen, welche „ohne erneuerte Erhöhung der Temperatur aus dem Innern eines vulkanischen Kegelberges, in dem sie lose angehäuft und also schlecht unterstützt lagen, von Erdbeben erschüttert, durch Stoss oder Fall getrieben ausbrachen?" Er habe einen Trümmerzug des Antisana bis zu kleinen mit Bimssteinen umgebenen Kraterseen verfolgen können, was ihm auf Trümmerausbrüche aus Seitenkratern zu deuten scheine. „Wenn Leopold von Buch sagt", heisst es im «Kosmos», „dass alles Lava ist, was im Vulkan fliesst und durch seine Flüssigkeit neue Lagerstätten annimmt, so füge ich hinzu, dass auch nicht von neuem Flüssiggewordenes aber im Innern eines vulkanischen Kegels Enthaltenes seine Lagerstätte verändern kann." Am Cotopaxi hat Humboldt ähnliche Trümmerzüge beobachtet. Und von Gesteinsstücken, die er am Chimborazo in 18000 Fuss Höhe angetroffen hatte, schrieb er im Jahre 1837 n *Schumacher's* „Astronomischem Jahrbuch": „Sie waren kleinzellig mit glänzenden Zellen, porös und von rother Farbe. Die schwärzesten unter ihnen sind bisweilen bimssteinartig leicht und wie frisch durch Feuer verändert. Sie sind indess nie in Strömen lavaartig geflossen, sondern wahrscheinlich auf Spalten an dem Abhange des früher emporgehobenen] glockenförmigen Berges herausgeschoben." Bei seinen Bemühungen, die Gründe der Seltenheit von Lavaergüssen in diesem Theile der Anden zu ermitteln, hatte Humboldt die Lösung dieses Problems wol auch

in der die seitlichen Ausbrüche erschwerenden „Einsenkung trachytischer Kegelberge in 8—9000 Fuss hohe Bergebenen von grosser Breite“ gesucht. „Aber wir wissen jetzt“, sagt er im «Kosmos», „dass mehrere der östlichen Kegelberge Quitos gegen die Ebene, mehrere der westlichen gegen den Ocean freie Abhänge haben.“

Für die Gestalt der Vulkane galten bis zur Humboldt'schen Reise der Vesuv und Aetna als Typen. Humboldt zeigte, dass dieselbe sich auf das mannichfaltigste modificire, und gründete erst eine Art von Physiognomik der Vulkane.

Die regelmässige Kegelform fand er bei den amerikanischen Vulkanen im Cotopaxi (Quito) am meisten ausgeprägt. Eine Abbildung desselben, in welcher der Berg allerdings überaus steil erscheint, ist im Atlas zu den „Kleinern Schriften“ veröffentlicht worden. Auch der noch thätige Popocatepetl und der Pic von Orizaba, beide in Mexico und gleichfalls in dem eben genannten Atlas dargestellt, sowie der Tunguragua in Quito liefern Beispiele ausgezeichneter Kegelgestalten.

Eine stark abgestumpfte Kegelform zeigt, wie Humboldt anführt, der Cayambe Urcu, den der Aequator schneidet, und der Vulkan von Tolima, der mit dem Ruiz zusammen eine Gruppe auf der mittlern Kette von Neugranada bildet.

Einstürze von Kraterwänden oder Zerreissungen derselben durch „minenartige Explosionen aus dem tiefen Innern“, sagt er, erzeugen zuweilen an den Vulkanen höchst auffallende, sonderbare Formen. So sei die Doppelpyramide des im Jahre 1698 plötzlich eingestürzten Carguairazo, so die Doppelpyramide des Ilinissa entstanden. Die Crenelirung der obern Kraterwände am Capac Urcu oder Cerro del Altar, von dem die Sage gehe, dass er einst höher war als der Chimborazo, habe sich auf dieselbe Weise gebildet. Er solle nach Ausbrüchen, die 7—8 Jahre dauerten, eingestürzt sein, wobei sich das ganze Plateau von Neuriobamba mit Bimsstein und vulkanischer Asche bedeckt habe („Kosmos“, IV, 283—84).

Als einen durch seine langgestreckte rückenartige Form

sehr ausgezeichneten Vulkan schildert Humboldt den an der westlichen Cordillere von Quito gelegenen Pichincha, dem er eine sehr sorgfältige Untersuchung gewidmet und von dem er eine topographische Skizze entworfen hat („Atlas géogr. et phys.", tab. 27). Dieser Berg, sagt er, bilde eine über 2 geographische Meilen lange Mauer von schwarzem Trachytgestein (Augit und Oligoklas), sei auf einer Spalte erhoben, welche in ihrer Richtung nicht mit der Linie der Vulkane von Quito übereinstimmt, und habe an seinem westlichen Ende einen von thurmartigen Felsen umgebenen Krater, der in zwei Theile gesondert sei und einen mit Fumarolen besetzten Auswurfskegel enthalte. Die Abweichung der Richtung des Pichincharückens von der Vulkanenreihe, zu der er gehört, ebenso wie die Abweichung der Spalte, worauf sich die sechs Jorullokegel erhoben haben, von der Verbindungslinie der grossen Vulkane Mexicos, vergleicht Humboldt mit der schon früh von ihm hervorgehobenen Erscheinung, dass auch „in unvulkanischen Ketten, z. B. im Himalaya, die Culminationspunkte oft fern von der allgemeinen Erhebungslinie der Kette", „auf partiellen Schneerücken" liegen, „die selbst fast einen rechten Winkel mit der allgemeinen Erhebungslinie bilden" („Kosmos", IV, 343).

Vom Cofre de Perote gibt Humboldt an, er bilde einen langen Felsrücken wie der Pichincha, habe ihm aber keine Spur von eingestürztem Krater oder von Ausbruchsmündungen, keine Schlacken, keine Obsidiane, Bimssteine, Perlsteine gezeigt.

Als Muster ungeöffneter domförmiger Berge sieht Humboldt den Chimborazo an, dessen zuerst in *Schumacher's* „Astronomischem Jahrbuch von 1837" beschriebene Besteigung er aus der Ebene von Tapia unternahm. Auf dem Wege berührte er den Yana Urcu, der seine Aufmerksamkeit in hohem Grade fesselte. „Der Hügel", sagt er („Kleinere Schriften", S. 138), „liegt südsüdöstlich vom Chimborazo, in weniger als 3 Meilen Entfernung, und von jenem Kolosse nur durch die Hochebene von Luisa getrennt. Will man in ihm auch nicht einen Seitenausbruch jenes Kolosses erkennen, so ist der Ursprung dieses

Eruptionskegels doch gewiss den unterirdischen Mächten zuzuschreiben, welche unter dem Chimborazo jahrtausendelang vergeblich einen Ausweg gesucht haben. Er ist spätern Ursprungs als die Erhebung des grossen glockenförmigen Berges." Humboldt beschreibt ihn als mit dem Hügel Naguangachi eine zusammenhängende Anhöhe in Form eines Hufeisens bildend. In der Mitte des Hufeisens liege wahrscheinlich der Punkt, aus dem die jetzt weit umher verbreiteten schwarzen Schlacken ausgeworfen wurden. Nach der Tradition der Eingeborenen sei der Ausbruch im 15. Jahrhundert erfolgt. Das Gestein dieses Hügels hält Humboldt für identisch mit dem der ganzen Formation des Chimborazo, für einen offenbar durch ein sehr thätiges Feuer veränderten und schlackig gewordenen Chimborazotrachyt.

Als ein anderes Beispiel ungeöffneter domförmiger Trachytberge betrachtet er den Corazon in Quito, wogegen der Iztaccihuatl in Mexico ihm ein langer ungeöffneter Trachytrücken zu sein scheint.

An Humboldt's Arbeiten über die Vulkane reihen sich die über die Erdbeben. Er selbst hatte einen starken Erdstoss in Cumana am 4. Nov. 1799 erlebt, viele geringere im Hochthal von Quito und in Lima. Er hatte sich lange in Gegenden aufgehalten, wo die Erschütterungen des Bodens, wie er sagt, auf die Einwohner keinen grössern Eindruck hervorbringen als bei uns die Gewitter. Er fand in Cumana Gelegenheit, noch frische Nachrichten über das Erdbeben einzuziehen, welches zwei Jahre vor seiner Ankunft die Stadt in Trümmer gelegt hatte. Er kam nach der Provinz Quito wenige Jahre nach dem grossen Erdbeben von Riobamba und konnte noch die Aussagen der Zeugen dieses Ereignisses benutzen.

Er ging davon aus, dass die Ursache der Erdbeben mit der vulkanischen Thätigkeit in engster Beziehung stehe. „Wenn man sich", sagt er, „am Krater des Vesuvs befindet, so fühlt man bei dem Aufsteigen jeder Dampfblase eine leichte Erschütterung." „Die in der Tiefe eingeschlossenen Dämpfe", so urtheilt er weiter, „denen die Entstehung und die Ausbrüche der

Vulkane zuzuschreiben sind, erzeugen da, wo sie keinen Ausgang finden, die Erschütterungen, welche ganze Landstriche verheeren. Damit hängt es zusammen, dass gerade solche Gegenden, die nicht in unmittelbarer Nähe von thätigen Vulkanen liegen, oft sehr stark von Erdbeben heimgesucht sind, dass häufig die Erdbeben aufhören, wenn an einem nähern oder fernern Vulkane ein Ausbruch geschieht, und dass umgekehrt das Ende der vulkanischen Ausbrüche den Anfang der Erschütterungen zur Folge hat.“ Die Vulkane sind nach Humboldt's Ausdruck die Sicherheitsventile, welche vor den Erdbeben schützen. Ihm zufolge trat, als der Vulkan von Pasto nach mehrmonatlicher Thätigkeit plötzlich seine Rauchsäule verlor, gleichzeitig das heftige Erdbeben von Riobamba ein. Ein ähnlicher Zusammenhang ist nach ihm zwischen den Vulkanen der östlichen Antillen und den Erderschütterungen in Südamerika nachzuweisen.

Humboldt war einer der ersten, welche sich nicht darauf beschränkten, die den Menschen verderblichen Wirkungen der Erdbeben zu registriren, sondern es sich angelegen sein liessen, den physischen und geologischen Vorgängen, von denen sie begleitet werden, nachzuspüren. Seine Untersuchungen über die verschiedenen Arten von Schwingungen, in welche der Boden versetzt wird, über die Fortpflanzung dieser Schwingungen und den Einfluss, den der Verlauf der Gebirgsketten sowie die Verbreitung der Gebirgsarten darauf ausüben, haben ein reiches Material für weitere Betrachtungen über die Natur der Erdbeben geliefert.

In Beziehung auf die Fortpflanzung der Erdbeben sagt Humboldt im „Kosmos“ (I, 219): „Da die Gebirgsketten auf Spalten erhoben scheinen, so mögen die Wände dieser Höhlungen die Richtung der den Ketten parallelen Undulationen begünstigen; bisweilen durchschneiden aber auch die Erschütterungswellen mehrere Ketten fast senkrecht. So sehen wir sie in Südamerika die Küstenkette von Venezuela und die Sierra Parime gleichzeitig durchbrechen..“ Als eine bemerkenswerthe

Thatsache führt er an, dass, nachdem sich lange Zeit hindurch die Erschütterungen aus den Kalkbergen von Cumana den primitiven Gebirgsarten der Halbinsel von Araya nicht mitgetheilt hatten, seit dem Jahre 1797 letztere ebenfalls erschüttert wurde. Es hätten sich offenbar, sagt Humboldt, neue Verbindungen eröffnet, welche nun bleibend wurden. Interessant ist seine Bemerkung, dass mitunter in Südamerika auf Linien, in denen sich Erdbeben fortzupflanzen pflegen, einzelne Stellen unerschüttert bleiben, welche von den Einwohnern charakteristisch mit dem Namen der Brücken belegt werden. „Die Undulation", sagt Humboldt („Kosmos", I, 219) „schreitet in der Tiefe fort, wird aber an jenen Punkten an der Oberfläche nie gefühlt."

Ein anderes von ihm in seinen Schriften oft erwähntes Phänomen sind die Bramidos von Guanaxuato, welche zwanzig Jahre vor seiner Ankunft in Amerika in der genannten Stadt gehört worden waren und grossen Schrecken erregt hatten. Je mehr man daran gewöhnt war, heftiges unterirdisches Getöse sich in Verbindung mit Erdstössen zu denken, desto mehr Werth legte er auf die Feststellung, dass dasselbe hier ohne alle Spur von Erschütterung stattgefunden hatte („Kosmos", I, 216, 444; IV, 226).

Grosse Aufmerksamkeit verwandte er auf diejenigen Erdbeben, welche mit Veränderungen in der Oberflächengestalt des Bodens, mit Hebungen und Zerreissungen desselben, mit Ausbrüchen flüssiger oder gasförmiger Stoffe verbunden waren. Aber unter allen solchen Erdbeben ist keins, auf das er so häufig zurückgekommen wäre, als das von Riobomba in der Provinz Quito. Bei dieser Katastrophe, durch welche mehrere Ortschaften zerstört wurden und 30—40000 Menschen das Leben verloren, war der Erdstoss, seinen Ermittelungen zufolge, von keinem Schlacken- oder Aschenausbruch der sehr nahen Vulkane begleitet („Kosmos", I, 221). Aus Spalten, die sich im Boden des Hochthals öffneten, wurde jene eigenthümliche Schlammmasse, die Moya, ausgestossen, welche bald genauer zu besprechen sein wird.

Die Schlammeruptionen (Lodozales) des Hochlandes von Quito, welche schon die Aufmerksamkeit La Condamine's im Jahre 1755 auf sich gezogen hatten, wurden von Humboldt zum Gegenstande vielseitiger Betrachtung gemacht.

In seiner Abhandlung „Ueber den Bau und die Wirkungsart der Vulkane" vom Jahre 1823 führt er an, dass in Mittelamerika und auf den Philippinischen Inseln gewisse Vulkane als Volcanes de agua bezeichnet werden. Dieselbe Ansicht, welche er über die an diesen Bergen stattfindenden Vorgänge hegte, dass nämlich „bei Erdstössen, welche die ganze Masse der Vulkane mächtig erschüttern, oft unterirdische Gewölbe sich öffnen, aus denen tuffartiger Schlamm hervorstürzt", sprach er auch in Beziehung auf die analogen Erscheinungen, welche die Vulkane von Quito darbieten, aus. „Sie ergiessen mitunter", sagt er, „ungeheuere Massen von Wasser und Schlamm, im ganzen häufiger aus Seitenöffnungen, durch welche sich gleichsam unterirdische Seen entleeren, als aus Gipfelkratern. Der Schlamm erhärtet zu festen Massen und verwüstet grosse Landstriche. Nicht durch Feuer, sondern durch Wasser wirken die Vulkane Quitos verheerend.

Ueber die Art, wie die unterirdischen Behälter sich mit Wasser füllen, und wie dies nach seiner Meinung in Quito durch das Aufragen der Berge in die Schneeregion begünstigt werde, sagt Humboldt („Kosmos", I, 242): „Vulkane, welche wie die der Andeskette ihre Gipfel hoch über die Grenze des ewigen Schnees erheben, bieten eigenthümliche Erscheinungen dar. Die Schneemassen erregen nicht blos, durch plötzliches Schmelzen während der Eruption, furchtbare Ueberschwemmungen, Wasserströme, in denen dampfende Schlacken auf dicken Eismassen schwimmen; sie wirken auch ununterbrochen, während der Vulkan in vollkommener Ruhe ist, durch Infiltration in die Spalten des Trachytgesteins. Höhlungen, welche sich an dem Abhange oder am Fusse der Feuerberge befinden, werden so allmählich in unterirdische Wasserbehälter verwandelt, die mit den Alpenbächen des Hochlandes von Quito vielfach communiciren."

Und im fünften Bande des „Kosmos", wo er zum letzten male auf die Schlammströme zurückkommt, fügt er hinzu: „Die allgemeine Dürre des von Waldung ganz entblössten Bodens auf der weiten Hochebene von Quito und der Mangel wasserreicher Flüsse am Fusse der Schneekette sind deutliche Beweise von dem Versinken alles Flüssigen in das Erdinnere. Auch überall wo Berge einstürzen und während der so häufigen Erdbeben sich Spalten öffnen, sprudelt Wasser aus der Tiefe und erzeugt furchtbare Ueberschwemmungen."

Von Schlammausbrüchen auf dem Hochlande von Quito erwähnt Humboldt die aus den Vulkanen Imbaburu und Cotopaxi hervorgegangenen. Ein anderer durch ihn bekannt gewordener ist der des Carguairazo. Der Gipfel dieses Berges stürzte im Jahre 1698 zusammen, und eine Landstrecke von fast 2 Quadratmeilen wurde verwüstet. Ebenfalls zu den auf dem Hochlande von Quito ausgestossenen Schlammmassen gehört die bereits oben erwähnte von den Indianern mit dem Namen Moya bezeichnete, welche bei dem die Stadt Riobamba zerstörenden Erdbeben im Jahre 1797 zum Vorschein kam. Bei Pelileo wurde sie nach Humboldt auf einer ebenen grün bewachsenen Flur in einer Höhe von mehr als 1300 Toisen über dem Meere, bei Riobamba in noch grösserer Höhe hervorgeschoben. An letzterm Orte stiegen, wie Humboldt sagt, aus den geöffneten Spalten kegelförmige Schlammhügel hervor, die sich fortbewegten: eine Wanderung, welche zurückzuführen sei auf die bei Erdbeben mitunter beobachteten translatorischen Bewegungen in horizontaler Richtung.

Humboldt beschreibt die Moya in ihrem jetzigen Zustande als eine schwärzlich braune, erdige und zerreibliche Masse mit erbsengrossen feinporigen Einmengungen, in denen sich Augit und Feldspat erkennen lassen. Ausser diesen auf Zersetzungsproducte trachytischer Gesteine hinweisenden Bestandtheilen sind organische Stoffe in solcher Menge vorhanden, dass die Indianer die Moya als Brennmaterial benutzen. Von den durch Humboldt mitgebrachten Proben dieser Substanz stellte Klaproth schon früh

eine chemische Analyse an, welche in seinen „Beiträgen zur chemischen Kenntniss der Mineralkörper“, IV, 293, enthalten ist. Später untersuchte Ehrenberg die Moya von Pelileo mikroskopisch und entdeckte darin, neben losen Krystallsplittern sowie kleinen kurzzelligen Bimssteinstückchen, 64 von ihm namhaft gemachte organische Formen, worunter 14 kiesel- und weichschalige Polygastern und 45 kieselige Phytolitharien. Die Kohle fand derselbe aus pflanzlichem Zellgewebe, das meist Gräsern anzugehören schien, zusammengesetzt. (Vgl. seine ausführliche Mittheilung darüber in der „Mikrogeologie“, S. 341 und 346.)

Eine seit der Humboldt'schen Reise vielbesprochene Erscheinung ist die, dass die Schlammströme mehrerer südamerikanischer Vulkane kleine Fische mit sich geführt haben, und in solcher Menge, dass die nach einer Schlammeruption des Imbaburu im Jahre 1691 in der Umgegend von Ibarra entstandenen Faulfieber dem Verwesen der todten Fische zugeschrieben wurden. Von diesen zur Familie der Welse gehörenden Fischen, welche von den Einwohnern mit dem Namen der Prenadillas belegt werden und von Humboldt unter dem Namen Pimelodus Cyclopum beschrieben worden sind, heisst es im „Kosmos“, I, 243: „Die Fische der Alpenbäche des Hochlandes von Quito vermehren sich vorzugsweise im Dunkel der Höhlen“, mit denen jene Bäche in Verbindung stehen, „und wenn dann Erdstösse, die allen Eruptionen vorhergehen, den Vulkan erschüttern, so öffnen sich die unterirdischen Gewölbe und es entströmen ihnen gleichzeitig Wasser, Fische und tuffartiger Schlamm.“ Im fünften Bande des „Kosmos“ wird in Beziehung auf die Prenadillen hinzugefügt, man sage, dass sie lichtscheu seien und in den Bächen nur während dunkler Nächte gefischt werden können. Von weitern Untersuchungen sei die Entscheidung zu erwarten, ob sie aus unterirdischen Räumen kommen, oder ob sie den Bächen ursprünglich eigen sind, und zu ihrer plötzlichen Tödtung die Beimischung heissen oder schwefelsauren Schlammes Veranlassung gegeben hat. Da ihr Vorkommen in Höhlen nach den Mittheilungen Wagner's, der die Eigenschaften entschiedener

Höhlenbewohner an ihnen vermisst hat, unwahrscheinlich ist, so darf wol vorausgesetzt werden, dass sie entweder aus Kraterseen herrühren, deren Rand durch Erderschütterungen durchbrochen wurde, oder dass sie von Schlammströmen, die sich über die Bäche und deren aufgestaute Wassermassen ergiessen, aufgenommen werden.

Ebenfalls seit Humboldt's Rückkehr aus Amerika viel genannt sind die Gasquellen oder Salsen, die sogenannten Schlammvulkane oder Volcancitos von Turbaco bei Cartagena.

Die Beschreibung der Umgegend von Cartagena ist noch in der „Relation historique" enthalten. Die Volcancitos findet man ausserdem namentlich im „Kosmos", IV, 257, abgehandelt, wo man Humboldt's letzte Ansichten darüber erfährt.

Seiner Darstellung zufolge durchschreitet man, um von dem etwa 180 Toisen über dem Meere liegenden Dorfe Turbaco zu den Volcancitos zu gelangen, dichten Wald, in welchem man dieselben jungen, Korallen führenden Kalkbildungen anstehen sieht, die man an den Küsten von Venezuela beobachtet. In einer lichten Stelle des Waldes erheben sich die Volcancitos. Humboldt zählte deren achtzehn bis zwanzig. Er beschreibt sie als Kegel von schwarzgrauen Letten, deren grösste von 18—22 Fuss Höhe und ungefähr 80 Fuss Durchmesser an der Basis sind. Auf der Spitze jedes Kegels senkt sich ein Trichter ein, dessen cirkelrunde Oeffnung von 20—28 Zoll Durchmesser mit einer kleinen Schlammmauer umgeben ist. Der Trichter ist mit Wasser gefüllt, in welchem Gasblasen von 10—12 Kubikzoll mit Heftigkeit aufsteigen.

Nach den Versuchen, welche Humboldt an Ort und Stelle ausführte, erklärte er das Gas der Volcancitos für Stickstoff, der mit etwas Wasserstoff gemengt sein könnte. Indess die Mittel, sagt er im „Kosmos", kleine Mengen von Wasserstoff in einem Luftgemisch quantitativ zu bestimmen, seien erst vier Jahre später von ihm und Gay-Lussac aufgefunden worden. Ein halbes Jahrhundert danach habe Acosta die Ausströmungen der Volcancitos wesentlich verändert angetroffen; derselbe habe beobachtet, dass die

Kegel einen bituminösen Geruch verbreiteten, dass etwas Erdöl auf der Oberfläche schwamm, und dass das ausströmende Gas sich entzünden liess. Auch Hermann Karsten fand, als er die Volcancitos besuchte, in den aufsteigenden Blasen einen nicht unbedeutenden Antheil von brennbarem Kohlenwasserstoffgase vor.

Das so kleinlich erscheinende Phänomen der Salsen von Turbaco, fährt Humboldt im „Kosmos" fort, hat an geologischem Interesse gewonnen durch die ebenfalls von Acosta erwähnten Umwälzungen, welche im Jahre 1839 in der Nähe der Mündungen des Magdalenenflusses stattgefunden haben. Der Centralpunkt war dort das $1^1/_2$ bis 2 Meilen in das Meer als schmale Halbinsel hervortretende Cap Galera Zamba. In der Mitte desselben hatte ein konischer Hügel gestanden, aus dessen Krateröffnung bisweilen Gase mit Heftigkeit ausströmten. 1839 verschwand der Hügel bei einem beträchtlichen Flammenausbruch, und die Halbinsel ward zur Insel. 1848 erschien ein zweiter Flammenausbruch an der Stelle des ersten. Und jetzt umgeben mehr als fünfzig Volcancitos, denen von Turbaco ähnlich, bis in eine Entfernung von 4—5 Meilen „den unterseeischen Gasvulkan der Galera Zamba".

Humboldt sieht in solchen heftigern Erscheinungen eine entschieden vulkanische Wirkung und ist der Meinung, dass man das Phänomen der Salsen, wenn man es als ein ganz locales, aus geringer Tiefe unter der Oberfläche ausgehendes auffasst, zu gering anschlage, indem man die gewaltsame Thätigkeit, welche sich vorübergehend äussert, über dem ruhigen Zustande, welcher Jahrhunderte fortdauert, übersehe.

Nachdem wir Humboldt durch die verschiedenen geognostischen Formationen gefolgt sind, mit denen er sich jenseit des Oceans beschäftigt hat, wollen wir die Besprechung seiner amerikanischen Reise nicht verlassen, ohne hervorzuheben, wie er in allen Schilderungen der von ihm durchforschten Gebiete die geologische Betrachtung mit der geographischen verband, wie er stets den Zusammenhang zwischen Oberflächengestaltung und

innerer Structur im Auge hatte, und wie er es verstand, diesen Zusammenhang in wenigen grossen Zügen auszudrücken. Den Worten half er durch graphische Darstellungen nach, indem er auf den von ihm zuerst durch ganze Länder hindurchgelegten, auf zahlreiche Höhenbestimmungen gegründeten Profilzeichnungen die Reliefdarstellung mit der Angabe der geognostischen Formationen Hand in Hand gehen liess. In dem Atlas zum „Essai politique sur la Nouvelle Espagne", z. B. auf Taf. 12—14, ist diese Methode, welche seitdem häufige Nachahmung gefunden hat und der Geognosie in hohem Masse zu statten gekommen ist, mehrfach angewandt worden.

Was die zweite von Humboldt über die Grenzen Europas hinaus unternommene Reise, die nach dem asiatischen Russland, betrifft, so fielen, während er selbst die damit verbundenen geographischen und physikalischen Untersuchungen anstellte, die mineralogisch-geognostischen im wesentlichen seinem Reisegefährten Gustav Rose zu, welcher dieselben in dem 1842 erschienenen Werke: „Reise nach dem Ural, dem Altai und dem Kaspischen Meere, ausgeführt von A. von Humboldt, G. Ehrenberg und G. Rose", veröffentlicht hat. Den reichen Gewinn, der nicht allein der speciellen Kenntniss der bereisten Gebirge, sondern der Mineralogie, Petrographie und Geologie überhaupt aus diesem Werke erwachsen ist, hat man freilich Humboldt, insofern als von ihm der zu befolgende Plan der Unternehmung ausging, mit zu verdanken; ausserdem ist es kaum nothwendig zu bemerken, dass er allen denjenigen geologischen Ergebnissen, welche entweder mit seinen in der Neuen Welt gemachten Erfahrungen oder mit seinen geographischen Arbeiten über das Innere Asiens oder mit den allgemeinen Problemen der Erdbildung in Beziehung standen, eine rege, thätige Theilnahme widmete, wie er dieselben denn zum Theil zu seinen Darstellungen in den „Fragments asiatiques" und in der „Asie centrale", zum Theil in den allgemeinern des „Kosmos" verwandte.

Zu den Gegenständen, welche ihn wegen des Zusammen

hangs mit seinen Untersuchungen in der Neuen Welt lebhaft beschäftigten, gehört das gold- und platinhaltige Seifengebirge an den Seiten und auf der Höhe des Ural. Er hatte die Goldwäschen der Provinz Choco in Neugranada, namentlich bei Quilichao, selbst kennen gelernt und einen Theil der Erzgewinnungen in der genannten Provinz nach den von der Regierung der Republik Columbien ihm mitgetheilten Documenten in die hydrographische Karte eingetragen, welche im Jahre 1827 auf Tafel 25 des „Atlas géographique et physique" erschienen ist. Die Vergleichung der russischen und südamerikanischen Vorkommnisse ergab ihm unter anderm die Uebereinstimmung, dass am Ural wie an der westlichen Kette von Neugranada die reichern Gold- und Platinalagerstätten sich voneinander gesondert halten. Am Ural, sagt Humboldt, lasse sich diese Sonderung unter der Voraussetzung, dass die Seifen an ihren jetzigen Fundorten aus der Zerstörung des anstehenden Gebirges hervorgegangen sind, leicht erklären, da das Gold im Ausgehenden von Quarzgängen, die in dem Schiefergebirge aufsetzen, das Platin dagegen nach G. Rose's Annahme in den Serpentinen seinen Hauptsitz hat. Die Anwesenheit der edeln Metalle in diesen Gängen und Gesteinen leitet Humboldt von Vorgängen ab, welche mit dem Aufsteigen des Ural aus Spalten verbunden gewesen seien, und dieses Aufsteigen selbst setzt er in eine sehr neue Zeit, indem er annimmt, dass es erst nach dem Absatze der quaternären Bildungen, die das Kaspische Meer und den Aralsee umgeben, stattgefunden habe.

In merkwürdiger Weise knüpft sich die Auffindung der ersten Diamanten, welche ebenfalls das Schuttland des Ural geliefert hat, an die Reise Humboldt's. In seinem Briefwechsel mit dem Grafen Cancrin lesen wir ein Schreiben aus Miask vom 3. (15.) Sept. 1829, in welchem es auf S. 94 heisst: „Der Ural ist ein wahres Dorado, und ich bestehe fast darauf (alle analogen Verhältnisse mit Brasilien lassen es mich seit zwei Jahren behaupten), dass noch unter Ihrem Ministerium Demanten in den Gold- und Platinawäschen des Ural werden entdeckt werden.

Ich gab der Kaiserin diese Gewissheit beim Weggehen, und wenn meine Freunde und ich die Entdeckung auch nicht selbst machen, so wird unsere Reise doch dahin wirken, andere lebendig anzuregen.“ In einem Briefe an denselben Minister aus Moskau vom 24. Oct. (5. Nov.) 1829 schreibt er (S. 108), Graf Polier's wichtige Entdeckung der Diamanten lasse ihm keinen Zweifel, er freue sich, dass eine solche Entdeckung zur Zeit seiner Reise gemacht worden sei.

Eine Reihe von Beobachtungen, auf welche Humboldt grossen Werth legte und deren er noch im fünften Bande des „Kosmos“ ausführlich erwähnt, betrifft die Art und Weise, wie der Granit in den dem Altai benachbarten Landstrichen auftritt. Vom Kolywanschen See bis zur chinesischen Dzungarei, sagt er, erstrecke sich die Granitbedeckung mit einem Eruptivcharakter, wie er ihn nur in diesem Theile von Centralasien wahrgenommen habe. Die kleinen konischen Granithügel seien oft gereiht und also wol auf Spalten ausgebrochen. Am rechten Ufer des Irtysch sehe man bei der Flussschiffahrt nicht allein den Thonschiefer von Granitgängen durchsetzt, sondern auch stundenlang die fast senkrecht einschiessenden Schichten desselben von dem in Bänke abgetheilten Granit überlagert, wie in den beiden von ihm entworfenen, in *Rose's* „Reisebericht“, S. 611 und 613, enthaltenen Profilen dargestellt sei.

In seinen Arbeiten über die nicht von ihm selbst besuchten Theile Asiens spielen durch die allgemeinen Betrachtungen, welche er daran knüpfte, seine Untersuchungen über die Frage nach dem Vorhandensein von thätigen Vulkanen im Innern dieses Erdtheils und namentlich in der Gebirgskette des Thianschan eine grosse Rolle. Abel Rémusat und Klaproth hatten diese Frage angeregt. Humboldt behandelte dieselbe ausführlicher unter Berücksichtigung der von Stanislaus Julien angestellten sinologischen Forschungen, sowie der Nachrichten, welche er in Semipalatinsk von Karavanenführern und Kaufleuten, die den Verkehr mit der Mongolei unterhalten, einzog. Zwar sei der Thianschan, bemerkt er bei Gelegenheit der hierauf bezüglichen Erörterungen,

vom Meere weit entfernt, doch treffe man ausgedehnte Binnengewässer in grösserer Nähe an. Aber auch wenn oceanische oder Binnenwasser zur Unterhaltung der vulkanischen Thätigkeit nicht erforderlich seien, und wenn an Inseln und Küsten, wie er zu glauben geneigt sei, die Vulkane um deswillen zahlreicher auftreten, weil das Emporsteigen der letztern, durch innere elastische Kräfte bewirkt, sich mit einer nahen Depression im Meeresboden verbinde, sodass ein Erhebungsgebiet an ein Senkungsgebiet angrenze, und an dieser Grenze mächtige, tief eindringende Spaltungen und Klüfte veranlasst werden, so dürfe man vermuthen, dass letzterer Bedingung in der innerasiatischen Zone zwischen den Parallelen von 41 und 48° durch die grosse aralo-kaspische Depressionsmulde genügt werde.

Die beiden von Humboldt hinterlassenen Arbeiten, worin die Geologie als Ganzes behandelt, eine Art von Lehrgebäude dieser Wissenschaft errichtet wird, sind sein „Essai géognostique sur le gisement des roches dans les deux hémisphères“ und der geologische Theil des „Kosmos“.

Die erste dieser Arbeiten erschien schon im Jahre 1822 in *Levrault's* „Dictionnaire des sciences naturelles“, wo sie den Artikel: „Indépendance des roches“ bildet, und wurde im Jahre 1823 als besonderes Werk edirt. Der Plan zu derselben entstand in ihm, wie aus einer Aeusserung in der Einleitung hervorgeht, schon vor seiner Reise nach Amerika, zur Zeit wo er aus der freiberger Akademie ausgetreten war und die Aufsicht über die Bergwerke des Fichtelgebirges übernahm; ja es ist wahrscheinlich, dass der Wunsch, vor dem Beginne der Arbeit das damals vom geologischen Bau der Erde ihm vorschwebende Bild durch die Ergebnisse aus einem grössern Beobachtungsgebiet zu vervollständigen, wesentlich mitgewirkt habe, ihn zu grossen Reiseunternehmungen anzufeuern. Eine erste Ausführung seines Plans mit Benutzung der auf seiner Reise in die Aequinoctialgegenden angestellten Beobachtungen unternahm er schon in Amerika. Im Jahre 1804 entwarf er daselbst eine

Darstellung von der Aufeinanderfolge der die Erde zusammensetzenden Felsarten, in Form von idealen Durchschnitten, welche er zum Gebrauch für die Bergschule von Mexico zeichnete. In der Ausführung, welche der „Essai sur le gisement des roches“ darbietet, war das Unternehmen auch im Jahre 1823, also beinahe zwei Decennien nach der amerikanischen Reise, ein äusserst schwieriges.

Humboldt hatte sich in seinen bisherigen Veröffentlichungen, indem er sich mit der genetischen Erklärung der beobachteten Phänomene beschäftigte, vielfach auf dem Gebiete der Hypothese bewegt nnd war dabei mehr als einmal von der Abneigung gegen jeden Versuch erfasst worden, „in die dunkeln Regionen des Werdens einzudringen“. Um so stärker fühlte er sich von der Aufgabe angezogen, welche ihmin dem „Essai sur le gisement desroches“ gestellt war. Hier sollteu die positiven Ergebnisse der Geologie in einer Darstellung von der Zusammensetzung der Erdkruste vereinigt werden. Es war hierbei nicht die Absicht, eine nene Klassifikation der Felsarten zu geben, in der die mineralogische Beschaffenheit als Hanpteintheilungsgrund angewandt wäre. Es sollten nicht einmal, „wie in der alten Werner'schen Methode“ und in dem „Lehrbuch der Geognosie von d'Aubuisson“ die Gebirgsarten innerhalb jeder der grossen Formationscomplexe nach mineralogischer Verwandtschaft, also die primitiven Granite, die secundären Sandsteine u. s. w. zusammengestellt werden. Im Gegentheil war der Zweck dieses Werkes, die Gesteine, soweit es gelänge, unabhängig von ihrer mineralogischen Beschaffenheit, in der Aufeinanderfolge darzustellen, in welcher sie sich in der Natur finden. Sie sollten als Bestandtheile der geognostischen Formationen, und die Formationen als die ihrem Alter nach geordneten Glieder einer Reihe geschildert werden, welche vom Urgebirge beginnend bis zur gegenwärtigen Periode heraufführt. Es waren nun, sagt Humboldt (S. 13), die verschiedeneu Granitformationen durch Gneisse, Glimmerschiefer, Uebergangskalke und Grauwacken voneinander zu trennen; im Uebergangsgebirge waren „die Formationen der Porphyre und Syenite Mexicos und

Perus, welche älter sind als Grauwacke und Orthoceratitenkalk", „von der viel neuern der Porphyre und Zirkonsyenite Skandinaviens" zu entfernen; im Secundärgebirge „die Sandsteine von Nebra, die jünger sind als der Zechstein", „von dem Kohlensandstein, welcher zu derselben Formation gehört wie die secundären Porphyre und Mandelsteine."

Bei einer solchen Einreihung sämmtlicher Gesteine in die ihrem Alter nach geordneten Formationen hing die Darstellung wesentlich von der Auffassung des Formationsbegriffes und von der Abgrenzung der Formationen gegeneinander ab. Es wurde im „Essai sur le gisement des roches" davon ausgegangen, dass unter einer unabhängigen Formation ein Gestein oder eine grössere Gesammtheit durch regelmässiges Zusammenvorkommen, häufiges Alterniren und gleiche Lagerungsverhältnisse verbundener Gesteine zu verstehen sei, welche man bei grosser horizontaler Verbreitung unterschiedlos bald auf dieses, bald auf jenes andere Gestein aufgelagert finde. Es wurden die Grundsätze aufgestellt, nach denen man zu beurtheilen habe, ob ein neu eintretendes Gestein mit dem nächst ältern zu einer und derselben Formation zu verbinden, oder als eine neue Formation zu betrachten sei. Es wurde ausgeführt, wie Gesteine zuerst als untergeordnete Lager innerhalb einer Formation gewissermassen präludiren, um sich später zu Hauptgesteinen einer andern Formation auszubilden. Es wurde endlich besprochen, welche Veränderungen eine Formation in ihrer horizontalen Erstreckung, d. h. ein bestimmter Formationstypus von einem Ort zum andern erfahren könne, und wie sich auf diese Weise „Parallelbildungen" herausstellen, die von gleichem geognostischen Horizont sind und sich einander ersetzen.

Nachdem Humboldt in der Einleitung zum „Essai sur le gisement des roches" diese allgemeinen Grundsätze und Begriffsbestimmungen, eine Art von Philosophie der Geologie, wie er sich selbst ausdrückt, vorangeschickt hatte, ging er zu der Besprechung der einzelnen Formationen und der sie zusammensetzenden Gesteine über, wobei er die Eintheilung in Ur-, Ueber-

gangs-, Flötz-, Tertiär- und vulkanisches Gebirge als allgemeinsten Rahmen beibehielt.

Es ist bereits oben erwähnt worden, dass er im Urgebirge fünf unabhängige Hauptformationen unterschieden hat, zwischen denen andere von geringerer Verbreitung und sich häufig einander ersetzende eingeschaltet sind. In diese Formationen findet man im „Essai sur le gisement des roches" sämmtliche ihm bekannt gewordene Vorkommnisse von primitiven Gesteinen eingereiht.

Es ist ebenfalls erwähnt worden, dass er die hauptsächlichsten damals zum Uebergangsgebirge gerechneten Vorkommnisse in sechs unabhängige Systeme untergebracht hat, welche sich nach ihm von denen des Urgebirges als complexere Glieder in der Reihe der Formationen unterscheiden.

Was die Art und Weise betrifft, wie er von dem Uebergangsgebirge zu den jüngern Bildungen fortschritt, so legte er dabei die Beobachtung zu Grunde, dass von den sandigen, thonigen und kalkigen Gebilden des Uebergangsgebirges durch die Secundär- und Tertiärformationen hindurch bis zu den jüngsten Alluvionen eine ebenso zusammenhängende Reihe von Gesteinen zu verfolgen ist, wie von seinen Transitionsporphyren Amerikas und Ungarns durch unzweifelhafte Trachyte hindurch zu den jüngsten vulkanischen Gebirgsarten. Dies veranlasste ihn, in seiner Darstellung zwei verschiedene aber gleichzeitige Ausbildungsweisen der Formationen vom Uebergangsgebirge nach oben nebeneinander hergehen zu lassen.

Er beginnt in der ersten dieser Ausbildungsweisen mit der Gesammtheit der von ihm zum Kohlenterrain und Rothliegenden gerechneten Gebirgsarten.

Der Zechstein oder Alpenkalk wird noch ungefähr in derselben Ausdehnung aufgefasst wie in seinen frühern Arbeiten.

Unter der Ueberschrift „Gesteine zwischen Zechstein und Kreide" ist beinahe die ganze Reihe derjenigen Formationen begriffen, welche heute als Secundärgebirge zusammengefasst werden; und zwar finden wir zunächst über dem Zechstein den bunten

Sandstein, welchen Humboldt mit dem Namen des Sandsteins von Nebra belegt, sodann den Muschelkalk, sodann eine als Quadersandstein bezeichnete Formation, in welcher jedoch ausser den sandigen Keuperbildungen noch verschiedene später für Kreidesandsteine erkannte Vorkommnisse aufgeführt werden. Hierüber folgt, jetzt an ihrer richtigen Stelle, die Juraformation.

Ueber der Juraformation sehen wir in dem „Essai géologique" die Wealdenbildungen und die Kreidesandsteine, insofern sie älter sind als die weisse Kreide, unter dem Namen der Eisen- und Grünsande vereinigt. Humboldt bezeichnet sie auch, da sie stellenweise kohlenführend sind, als secundäre Lignitenbildungen.

Ueber ihnen folgt endlich als abgesonderte Formation die weisse Kreide.

Für die Tertiärbildungen galt zur Zeit, als der „Essai sur le gisement des roches" erschien, die Entwickelung, welche durch die Arbeiten von Cuvier und Brongniart bekannt geworden war, als hauptsächlichster Anhalt. Diese Entwickelung ist es daher auch, welche in dem Humboldt'schen Werke vorzugsweise Berücksichtigung findet.

Es bleiben als Schluss dieser Reihe die Alluvionen hinzuzufügen; aber diese Gebilde seien so mannichfaltig in ihrer Anordnung, heisst es im „Essai sur le gisement des roches", dass sie nicht Gegenstand einer Arbeit über die regelmässige Aufeinanderfolge der Gesteine sein könnten.

Die zweite Ausbildungsweise der in der Humboldt'schen Darstellung über dem Uebergangsgebirge folgenden, und zwar an die Porphyre desselben sich anschliessenden Formationen begreift diejenigen, welche in der Ueberschrift als vulkanische Gesteine bezeichnet und hauptsächlich durch die trachytischen und basaltischen Massen sowie durch die Laven gebildet werden. Die Bezeichnung dieser Gesteine als vulkanische, sagt Humboldt, sei allerdings dem bisher im „Essai sur le gisement des roches" von ihm befolgten Princip, nur das Alter und die Lagerung, nicht die Entstehungsweise der Gesteine zu berücksichtigen,

entgegen und gehöre mehr in eine Geogonie als in eine der Schilderung der Thatsachen gewidmete Geognosie.

Was indess die Lagerungsverhältnisse der in Rede stehenden Gesteine betreffe, so seien die trachytischen in Europa auf Secundärgebirgen aufliegend gefunden worden, während er sie in Amerika, wo sie sich hauptsächlich unmittelbar über Ur- und Uebergangsgebirge und namentlich über den Porphyren des letztern erhöben, nirgends so neue Formationen habe bedecken sehen. Da aber eine Ueberlagerung derselben durch neuere Gesteine sich nur selten beobachten lasse, so biete ihre Altersbestimmung grosse Schwierigkeiten dar und seien möglicherweise Bildungen von sehr verschiedenem Alter, zum Theil sehr alte, darin vertreten. Trachyt und Basalt finde man in den Anden selten in Berührung; wo dies aber der Fall sei, da werde der Trachyt vom Basalt bedeckt. Die Laven habe man von beiden wohl zu unterscheiden. Sie seien erst nach der Thalbildung ergossen worden.

Am Schluss des Buches bespricht Humboldt die pasigraphischen Methoden zur Darstellung beobachteter Lagerungsverhältnisse.

Die eine dieser Methoden, sagt er, eine bildliche, sei von ihm in den „Tables de pasigrafia geognostica"; welche er im Jahre 1804 zum Gebrauch für die Bergschule in Mexico entworfen habe, angewandt worden. Es sei diejenige, in welcher die Schichten durch übereinandergereihte Parellelogramme dargestellt werden.

Hier schlägt er eine algorithmische vor. Jedes Gestein wird durch einen griechischen Buchstaben bezeichnet; eine aus zwei oder drei miteinander wechselnden Gesteinen zusammengesetzte Formation durch zwei oder drei solche nebeneinander gestellte Buchstaben; dass ein Gestein als untergeordnetes Lager in einem andern auftrete, wird dadurch ausgedrückt, dass dem Buchstaben des erstern der des letztern mit einem Pluszeichen angehängt wird; ein Accent dem Buchstaben hinzugefügt bedeutet, dass das durch letztern bezeichnete Gestein

versteinerungsführend sei; das Alter einer in verschiedenen Niveaux wiederkehrenden Gebirgsart wird dadurch angegeben, dass zu dem griechischen Buchstaben ein lateinischer, der die Formation bezeichnet, als Exponent hinzutritt u. s. w. Die Reihe α, $\gamma + \pi$, $\delta\tau'$ z. B. würde bedeuten, dass Granit, sodann Glimmerschiefer mit eingelagertem Porphyr, sodann ein Wechsel von versteinerungsführendem Thonschiefer und Kalk übereinanderfolgen. Die Klarheit der Ideen, sagt Humboldt, nimmt in demselben Masse zu, wie man die Mittel, dieselben auszudrücken, vervielfältigt. Der von ihm vorgeschlagenen algorithmischen Darstellung der Gesteinsreihen sind freilich die bildlichen stets vorgezogen worden.

Der „Essai sur le gisement des roches“ bildet ein werthvolles Repertorium der wichtigern bis zur Zeit seines Erscheinens erlangten Resultate der Formationslehre, welches nicht verfehlen konnte, sowol durch seinen allgemeinen Zweck als auch durch die Ausführung in verschiedenen seiner einzelnen Abschnitte das Interesse der Geologen in hohem Grade in Anspruch zu nehmen. Humboldt hatte, als er dieses Werk verfasste, viele Theile Deutschlands, der Schweiz, Italiens, Ungarns, Amerikas aus eigener Anschauung kennen gelernt. Es enthält eine Menge von Originalbeobachtungen aus allen diesen Ländern. Die zum Theil in schwer zugängliche oder schwer übersehbare Schriften zerstreuten Ergebnisse seiner amerikanischen Reise sind hier in einer systematischen Darstellung jedes an seine Stelle gebracht und daher leicht auffindbar. Die sorgfältige Behandlung, welche sie im „Essai sur le gisement des roches“ erfahren haben, trägt wesentlich dazu bei, diesem Werke sein eigenthümliches Gepräge zu geben und dasselbe neben den der amerikanischen Reise speciell gewidmeten zu einer Hauptquelle für das Studium der von Humboldt durchforschten Gebirge der Neuen Welt zu machen.

Humboldt hat sich bis in die dreissiger Jahre hinein ernstlich mit dem Gedanken getragen, eine vervollständigte Auflage seines „Essai géognostique“ zu veranstalten. In ein durch-

schossenes Exemplar desselben, welches mit seinen hinterlassenen Manuscripten auf der berliner Sternwarte aufbewahrt wird, hat er zahlreiche Notizen eingeschrieben, welche den Zweck hatten, bei der Umarbeitung benutzt zu werden. Vor dem Titel finden sich die Worte von seiner Hand: „Dieses Buch, die Kindheit der Geognosie und viel Unruhe des Geistes charakterisirend, wird mit meinen Reisetagebüchern, Magneticis und Astronomicis auf die Sternwarte nach meinem Tode gebracht. Al. Humboldt. März 1853."

In einer andern Bemerkung, wol aus derselben Zeit, liest man daselbst: „Es ist sehr unzuverlässig in mineralogischen Bestimmungen, enthält aber neue Ansichten über types, retour périodique, alternance des formations, comme elles préludent, horizon géognostique. Das Buch ist Reisenden noch heute zu empfehlen, da es sehr genau auf die Orte aufmerksam macht, die sie besuchen sollen."

Nachdem Humboldt im „Essai sur le gisement des roches" die genetische Erklärung der geologischen Phänomene, insoweit sie nicht zu vermeiden war, möglichst nebensächlich behandelt hatte, kehrte er im „Kosmos" auf ein Gebiet zurück, in welchem dieselbe wiederum in den Vordergrund trat.

Damit innerhalb des allgemeinen Naturgemäldes, welches in diesem Werke zur Anschauung gebracht werden sollte, die geologischen Erscheinungen ihre Stelle fänden, war es nothwendig, dieselben auf physikalische Vorgänge zurückzuführen, die Geologie als einen Theil der allgemeinen Erdphysik zu behandeln. Gemäss der Lehre, an deren Ausbau Humboldt mitgearbeitet hatte und welche die Erscheinungen mit Vorliebe von gewaltsamen durch vulkanische Kräfte hervorgebrachten Ereignissen ableitet, der allmählichen Wirkung dauernder Processe aber einen möglichst geringen Antheil an der Gestaltung der Erdoberfläche einräumt, knüpft er im „Kosmos" vermittels der innern Erdwärme die geologischen Abschnitte an die vorangegangenen erdphysikalischen an und leitet er vermittels des Einflusses,

den die geologischen Ereignisse auf die Vertheilung des Festen und Flüssigen ausgeübt haben, zur Klimatologie und Meteorologie über.

Weniger die Einführung neuer Thatsachen oder neuer Theorien als die Verknüpfung der erlangten Ergebnisse war in den geologischen Abschnitten des „Kosmos" beabsichtigt. Was an Beobachtungen und Ansichten in denselben von Humboldt selbst herrührt, hatte er im wesentlichen schon früher veröffentlicht. Dies mit den Beiträgen, die ihm von bedeutenden Autoritäten zuflossen, zu einer dem allgemeinen Zweck des Werkes entsprechendeu Darstellung zu verschmelzen, war die Aufgabe, die er zu lösen suchte.

Im „Kosmos" stellt Humboldt diejenigen geologischen Erscheinungen voran, welche er als die unmittelbarsten Aeusserungen der vulkanischen Thätigkeit oder der „Reaction des Innern der Erde gegen die Oberfläche" betrachtet. Mit den rein dynamisch wirkenden Erdbeben beginnend, gibt er zwar auch im „Kosmos" noch zu, dass die Entstehung derselben in mehr als einer Beziehung in Dunkel gehüllt sei. Indess bleibt er bei der Annahme stehen, dass durch Dämpfe, die sich an der Grenze des Festen und Flüssigen in der Tiefe anhäufen und nach oben drängen, der Stoss bewirkt werde.

Durch die Beobachtung von Erderschütterungen, welche mit Gas- und Wasserausströmungen aus eröffneten Spalten verbunden sind, wird Humboldt von den dynamischen Wirkungen der vulkanischen Thätigkeit zu der stofflichen Production derselben übergeführt. Und zwar sieht er in den Thermen die zweite Art der Reaction des Erdinnern gegen die Oberfläche, die dritte in den Gasquellen und Schlammvulkanen oder Salsen. Die Feuererscheinungen uud das Umherschleudern glühender Steine, womit die Eruptionen der letztern zeitweise verbunden sind, bilden ihm den Uebergang zu der vierten Art vulkanischer Thätigkeit, zu der der eigentlichen Vulkane. Unter ganz ähnlichen physischen Verhältnissen, sagt er, steigen aus dem Schose der Erde hervor: Luftarten, tropfbare Flüssigkeiten, Schlamm, und

durch den Ausbruchkegel der Vulkane, welche selbst nur eine Art intermittirender Quellen sind, geschmolzene Erden.

Von der kurzen, im ersten Bande des „Kosmos“ entworfenen Schilderung des Wesens und Zusammenhanges der genannten Thätigkeiten lässt Humboldt, dem Plane des Werkes gemäss, im vierten eine weitere Ausführung folgen. Namentlich die im ersten Bande enthaltene Darstellung der Vulkane, welche, wie er sagt, theils auf „seine eigenen Beobachtungen“, theils „in der Allgemeinheit ihrer Umrisse“ auf die Arbeiten Leopold von Buch's gegründet ist, wird im vierten Bande bedeutend erweitert. Indem Humboldt daselbst die verschiedenen Vorgänge, durch welche feuerflüssige, zu Gesteinen erhärtende Massen emporgetrieben oder vulkanische Berge erhoben werden, in eine Reihe zu ordnen sucht, in welcher ein Fortschreiten von den einfachern zu den zusammengesetztern Erscheinungen stattfinde, nennt er: zuerst Eruptionen auf Spalten, horizontal übereinander gelagerte Gebirgsmassen erzeugend; zweitens Ausbrüche durch Aufschüttungskegel; drittens Entstehung von Erhebungskratern ohne Centralkegel, in der Mitte sich schnell wieder verschliessend und Lavaströme nur von ihren äussern Abhängen entsendend; viertens Erhebung geschlossener Glockenberge oder an der Spitze geöffneter Kegelberge mit oder ohne Umwallung. Alle diese Vorgänge, von denen die zweiten, den Anschauungen Humboldt's entsprechend, sich auf ihr geringstes Mass zurückgeführt finden, werden nach ihren mannichfaltigen Modificationen erörtert. Es wird eine vergleichende Hypsometrie der Vulkane und eine Vulkanengeographie, zu deren Abfassung der Autor des „Kosmos“ durch seine Verbindung mit den Reisenden und Naturforschern aller Nationen ganz besonders in den Stand gesetzt war, endlich eine Besprechung der mineralogischen Zusammensetzung der vulkanischen Gesteine hinzugefügt. In dieser Besprechung werden die Trachyte wegen der Bedeutung, welche sie für Humboldt durch ihre Verbreitung im tropischen Amerika und als die Hauptgesteine seiner Vulkangerüste haben, besonders hervorgehoben. Nach Einführung des Namens Andesit

für amerikanische Trachyte mit klinoklastischem Feldspat, sagt er, habe er ebenfalls zweimal das Unrecht begangen, jenen Namen anzuwenden, statt die Einheit geognostisch eng verbundener Gesteine auch in der Benennung festzuhalten. Neuerlich dagegen habe er die von G. Rose aufgestellte Klassifikation der Trachyte angenommen, in welcher die amerikanischen in die dritte oder vierte Abtheilung fallen, je nachdem sie in der Grundmasse neben Oligoklas noch Hornblende und Glimmer oder Augit enthalten. Humboldt bezeichnet sie auch als Toluca- und Chimborazogesteine. (Vgl. über die Ergebnisse aus der Untersuchung amerikanischer Trachyte *J. Roth's* „Gesteins-Analysen", Berlin 1861.)

Für die übrigen Kapitel der geologischen Darstellung im „Kosmos" ist man auf den ersten Band dieses Werkes angewiesen, da der fünfte, in welchem die weitere Ausführung derselben folgen sollte, unvollendet geblieben ist.

Auch in diesen Kapiteln ist die Auffassung durch die den vulkanischen Kräften zugeschriebene Wirksamkeit charakterisirt. Erst in neuerer Zeit, sagt Humboldt, habe man angefangen, diese Kräfte zum grössten Vortheil einer auf physikalische Analogien gegründeten Geognosie als neue Gebirgsarten bildend oder ältere umwandelnd zu betrachten. Hier sei der Punkt, wo eine tiefer ergründete Lehre von der Thätigkeit brennender oder Dämpfe ausströmender Vulkane uns in dem allgemeinen Naturgemälde auf Doppelwegen einmal zu dem mineralogischen Theile der Geognosie (Lehre von der Folge der Erdschichten), dann zu der Gestaltung der über den Meeresspiegel gehobenen Continente (Lehre von der geographischen Form der Erdtheile) leite.

Indem Humboldt zunächst den ersten dieser Wege einschlägt, theilt er die Gebirgsarten, welche er im „Essai sur le gisement des roches" der Aufeinanderfolge nach betrachtet hatte, jetzt mit Rücksicht auf ihre noch unter unsern Augen vorgehenden Entstehungsprocesse in eruptive, sedimentäre mit Ausschluss der conglomeratischen, umgewandelte und conglomeratische. Diese

vierfache, noch gegenwärtig fortschreitende Gesteinsbildung, fährt er fort, sei wol nur als ein schwacher Abglanz von dem zu betrachten, was einst unter ganz andern Bedingungen des Druckes und der Temperatur geschah, als in der viel gespaltenen, dünnen, auf- und abwärts wogenden Erdrinde fast überall Communicationswege zwischen dem geschmolzenen Innern und der Atmosphäre vorhanden waren.

Nachdem er in einem ersten Abschnitt die Eruptionsgesteine besprochen hat, schildert er im zweiten, wie auch das Sedimentgebirge in seiner Entstehung von den vulkanischen Kräften beeinflusst worden sei, jedenfalls in indirecter Weise dadurch, dass dieselben alte Schichten an die Oberfläche hoben, die nun zerstört und zur Bildung neuer verwandt werden konnten, vielleicht auch in directerer, wenn, wie zu vermuthen sei, die ältesten Niederschläge der Transitions- und Secundärformationen sich aus mehr oder minder heissen Wassern abgesetzt hätten. Im dritten Abschnitt bespricht er die umgewandelten Gebirgsarten: den Gneis, Glimmerschiefer, körnigen Kalk u. s. w. Das Eruptivgestein, sagt er, wirke nicht blos hebend, aufrichtend; sein Hervortreten erzeuge in den gehobenen, aufgerichteten Massen auch Veränderungen der chemischen Zusammensetzung, des innern Gewebes. Intensive Wärme, so äussert er sich an einer andern Stelle, habe allerdings bei allen diesen Veränderungen Einfluss geübt; aber es seien auch, gleichzeitig mit dem Ausbruch von Granit, Basalt u. s. w., andere und andere im Dampf aufgelöste Stoffe aus dem eröffneten Innern aufgestiegen. Nach den sinnigen Ansichten der neuern Geognosie beschränke die Metamorphose des Gesteins sich nicht auf eine blosse Contactwirkung, sondern umfasse genetisch alles, was das Hervortreten einer Eruptionsmasse begleitet hat. Auch im vierten Abschnitt, der von den Conglomeraten handelt, lässt Humboldt der vulkanischen Thätigkeit einen grossen Spielraum offen, indem er auf die Reibungsconglomerate Leopold von Buch's hinweist, welche nach diesem durch aufsteigende Eruptionsgesteine bei der Reibung

gegen die Wände der Spalten, aus denen sie hervorbrachen, gebildet wurden.

Neben dieser Betrachtung der Gesteine in Beziehung auf die physikalischen Bedingungen ihrer Entstehung, nimmt im „Kosmos“ die Erörterung ihrer Altersfolge, die Formationslehre, welche mit Berücksichtigung der neuern paläontologischen und stratigraphischen Ergebnisse dargestellt wird, erst die zweite Stelle ein.

Die Beobachtung des Vorhandenseins oder Fehlens der einzelnen Formationen an den der Untersuchung zugänglichen Punkten der Erdoberfläche führt zu dem Ergebniss, dass die Grenze zwischen Land und Meer in der langen Reihe der geologischen Perioden sehr verschieden gewesen ist, dass das Kreidemeer seinen Umrissen nach verschieden war vom Jurameer, das heutige verschieden ist von den vorangegangenen. „So leiten die neuern Fortschritte der Geognosie“, sagt Humboldt, „wenn wir dem innern Causalzusammenhange der Erscheinungen folgen, auf die räumliche Vertheilung des Festen und Flüssigen an der Oberfläche unsers Planeten oder auf die Totalbetrachtung der Gestalt und Gliederung der Continente und somit auf einen Verbindungspunkt der erdgeschichtlichen und der geographischen Geognosie“ (I, 301).

Nachdem Humboldt bei Besprechung der jetzigen Gestaltung des Festlandes daran erinnert hat, dass die Alte sowol wie die Neue Welt nach Norden in der Richtung eines Breitenparallels abgeschnitten sind, nach Süden in Spitzen auslaufen; nachdem er von neuem des Parallelismus zwischen der Ostküste Amerikas und der Westküste Afrikas gedacht hat, welcher ihn in seiner frühesten Zeit zu dem Ausspruche geführt hatte, der Atlantische Ocean trage „die Spuren einer Thalbildung“, es sei „als hätten flutende Wasser den Stoss erst gegen Nordost, dann gegen Nordwest und dann wiederum nordöstlich gerichtet“; fügt er hinzu, es handle sich hier freilich mehr um Formanalogien als um Formgesetze. Wenn man an den Abhängen thätiger Vulkane die partiellen Hebungen beachte,

in denen kleine Theile des Bodens ihr Niveau um mehrere Fuss bleibend verändern und dachförmige Gräten oder flache Erhöhungen bilden, so erkenne man, wie von geringfügigen Zufällen der Kraftintensität unterirdischer Dämpfe und der Grösse des zu überwindenden Widerstandes es abhängen müsse, ob die gehobenen Theile diese oder jene Form und Richtung annähmen. Ebenso mögen „geringe Störungen des Gleichgewichts im Innern unsers Planeten die hebenden elastischen Kräfte bestimmt haben“, gegen eine ganze Erdhälfte anders zu wirken als gegen die andere. Zu den mächtigern Ursachen der Veränderungen, welche das Höhenverhältniss der flüssigen und starren Theile der Erdoberfläche im Laufe der Zeiten erfahren hat, zählt Humboldt im „Kosmos“ ausser der Gewalt der im Erdinnern eingeschlossenen Dämpfe: „die plötzliche Temperaturveränderung mächtiger Gebirgsschichten; den ungleichen seculären Wärmeverlust der Erdrinde und des Erdkerns, welcher eine Faltung (Runzelung) der starren Oberfläche bewirke; örtliche Modificationen der Anziehungskraft und durch dieselben hervorgebrachte veränderte Krümmung einer Portion des flüssigen Elements“. Die „auf der Oberfläche wirkenden Potenzen“ haben, Humboldt zufolge, erst nach den „grossen Begebenheiten der Länderbildung“, deren Ursache unterirdisch ist, auf die dermalige Gestaltung des Festlandes Einfluss geübt.

Von der Entstehungsweise des horizontalen Umrisses der Continente zu ihrer Gliederung durch Gebirgsketten übergehend, hält Humboldt im „Kosmos“ die Ansicht von der gewaltsamen und plötzlichen Erhebung derselben über weite Spalten fest. Aber wenn man mächtige und hohe Gebirgsketten als Zeugen grosser Erdrevolutionen ansehe, so dürfe man andererseits nicht vergessen, wie gering überhaupt die Quantität dieser gehobenen Massen im Vergleich mit dem Areal ganzer Länder sei. So würden die östlichen und westlichen Alpen, auf das Flachland von Europa vertheilt, dasselbe nur um 20 Fuss erhöhen. Durch eine mühevolle Arbeit habe er den „Schwerpunkt des Volums der über den jetzigen Meeresspiegel gehobenen

Länder" für Europa, Nordamerika, Asien und Südamerika zu 630, 702, 1062 und 1080 Fuss Höhe bestimmt.

Mit der Betrachtung, nichts könne uns Sicherheit gewähren, dass die plutonischen Mächte den vorhandenen Bergsystemen nicht neue hinzufügen werden, schliesst Humboldt den geologischen Abschnitt des ersten Bandes des „Kosmos", nachdem er in demselben die von ihm vertretene vulkanistische Richtung planmässig und mit äusserster Consequenz durch das ganze Gebiet der Geologie hindurch zum Ausdruck gebracht hat.

Ein Rückblick auf Humboldt's Thätigkeit im Gebiete der Geologie lehrt, dass dieselbe sich wirksam über die verschiedensten Theile dieser Wissenschaft verbreitete. Seine Arbeiten beweisen, dass er nicht zu denjenigen Forschern gehörte, welche ihre Befriedigung darin finden, geologische Thatsachen festzustellen und die nächsten sich darbietenden Schlüsse daraus zu ziehen, sondern zu denen, welche sich bestreben, die Ergebnisse der Beobachtung zu verallgemeinern, den Causalzusammenhang der Erscheinungen zu ergründen und soweit wie möglich auf ihren Ursprung zurückzugehen. Und wenn auch aufsteigende Zweifel ihn zeitweise in diesen Bestrebungen unterbrachen, so kehrte er doch bald zu ihnen zurück. Anziehende Beispiele derselben fanden wir schon in seinen ersten Veröffentlichungen: in seinen Betrachtungen über die Entstehungsweise des Basalts; in seinem Versuche, innerhalb der neptunistischen Anschauungsweise eine Hypothese zu begründen, nach welcher eine in frühern Perioden über die ganze Erde verbreitete höhere Temperatur und ein gleichzeitiger stärkerer atmosphärischer Druck ihre Erklärung fänden; in seiner Beschäftigung mit der Aufgabe, die Schichtung der Gesteine auf ein allgemeines Richtungsgesetz zurückzuführen, das mit der Achsendrehung der Erde im Zusammenhang stände.

Wir haben gesehen, wie er noch bei allen diesen Arbeiten von den Ansichten seines Lehrers ausging, wie die Beschäftigung mit den Vulkanen es war, welche ihn zuerst von der Einseitig-

keit dieser Ansichten überzeugte, und wie er seitdem den Weg betrat, auf welchem er sich immer mehr von denselben entfernte. Auf diesem Wege traf er mit Leopold von Buch zusammen, dessen berühmte vulkanologische, in der Theorie der Erhebungskrater gipfelnde Arbeiten in dieselbe Zeit fielen. Im ersten Bande des „Kosmos" ist von Humboldt selbst ausgesprochen worden, dass er sich den Ausführungen seines Freundes angeschlossen habe; indess wenn eine neue, von der Werner'schen wesentlich abweichende, Betrachtung der Vulkane sich rasch eine grosse Anzahl von Anhängern schuf und auf die verschiedensten Theile der Geologie umgestaltend zu wirken begann, so ist ein Antheil an diesem Erfolge der Mitwirkung Humboldt's zuzuschreiben. Nicht allein haben seine Untersuchungen über den Zusammenhang der vulkanischen Erscheinungen untereinander, von den Erdbeben an bis zu den Vulkanen, zu ihrer Zeit wesentlich dazu beigetragen, die Ueberzeugung von der Allgemeinheit der vulkanischen Thätigkeit zu erwecken und zu verbreiten; es sind auch bei seiner vielbesprochenen Deutung der am Jorullo angestellten Beobachtungen und bei der Anwendung davon auf die genetische Betrachtung der ungeöffneten Trachytdome und geöffneten vulkanischen Kegelberge Ansichten von ihm vertreten worden, welche zu denen über die Entstehung der Erhebungskrater in naher Beziehung stehen und ihn zum Mitbegründer der neuern Erhebungstheorien gemacht haben. Seine Bedeutung als solcher geht unzweideutig aus den von den Widersachern dieser Theorien gegen ihn gerichteten Angriffen hervor.

Wir haben gesehen, dass Humboldt's Untersuchungen über Stellung, Form, Bau und Thätigkeit der Vulkane theils neue Erscheinungen kennen gelehrt oder mangelhaft erkannte in helleres Licht gestellt, theils weitere fruchtbare Forschungen in derselben Richtung zur Folge gehabt haben. Es mag hier nur erinnert werden an seine Ergebnisse: über die Anordnung der amerikanischen Vulkane in Reihen, welche auf das Vorhandensein tiefer Spalten von grosser Längenerstreckung hinweisen; über das gegenseitige Verhalten der von ihm als die

Essen eines einzigen grossen Vulkans angesehenen Bergkolosse Quitos; über den Mangel ausgesprochener Lavaströme und die damit in Verbindung stehenden Eigenthümlichkeiten an den von ihm untersuchten Vulkanen Südamerikas; über die Natur und Entstehung der dortigen Schlammströme; über die Verschiedenheit der Vulkantypen in physiognomischer Hinsicht. Als Humboldt seine Reise nach der Neuen Welt antrat, waren von Vulkanen fast nur Vesuv und Aetna genauer untersucht. Den mächtigen Eindruck, den seine Schilderungen der amerikanischen Vulkane hervorbrachten, gibt die geologische Literatur aus dem Anfange dieses Jahrhunderts wieder.

Unmittelbar an seine Arbeiten über die Vulkane selbst sahen wir seine Entdeckung von dem räumlichen und genetischen Zusammenhange zwischen dem Auftreten dieser Berge und dem der trachytischen Gesteine sich anschliessen, eine Entdeckung, von der oben gesagt wurde, dass Leopold von Buch sie als eine der folgenreichsten für die Vulkanenlehre und für die Geologie überhaupt bezeichnet habe.

Dass er sich aber auch schon früh an der Ausbildung der Lehre von der Aufeinanderfolge der geschichteten Formationen betheiligt hat, davon gab uns seine Beschäftigung mit der Altersbestimmung der verschiedenen Flötzkalke Zeugniss, welche ihn dahin führte, die Selbständigkeit der von ihm mit ihrem jetzigen Namen belegten Juraformation zu erkennen.

Es gehört zu Humboldt's unbestreitbaren Verdiensten, dass er, in der Absicht, den Beweis für die im Bau der Erde herrschende Einheit zu führen, die Analogien in der geognostischen Constitution weit voneinander entfernter Länder aufsuchte. Wie wir ihn zahlreiche neue Uebereinstimmungen zwischen den Formationen Mexicos und Ungarns haben hervorheben sehen, so sind von ihm für andere Parallelisirungen derselben Art die wichtigsten Andeutungen gegeben worden.

Des weitern Verdienstes, welches er sich durch die Art und Weise erwarb, wie er die Geologie mit der Geographie in Verbindung brachte, den Zusammenhang zwischen Form und

Zusammensetzung der Gebirge erläuterte und dabei durch Profile zu Hülfe kam, die er durch ganze Länder hindurchlegte, ist ebenfalls oben Erwähnuug geschehen.

Es sind dies Leistungen Humboldt's, welche auf geologische Fragen allgemeinerer Natur Bezug haben. Erwägt man ausserdem, was derselbe auf dem Wege specieller Beobachtung für die Kenntniss einzelner Länder gethan hat, dass er namentlich durch seine Forschungen im aequinoctialen Amerika Strecken von ungeheuerer Ausdehnung der Geologie eröffnet hat, und dass die von ihm daselbst gemachten Entdeckungen nicht allein die Anhaltpunkte für alle spätern dortigen Forschungen abgegeben, sondern auch auf die Untersuchung europäischer Länder mächtig zurückgewirkt haben; erwägt man ferner, dass derselbe zwei als Quellen für die Geschichte der Geologie wichtige Werke hinterlassen hat, von denen das eine den Zustand der Formationslehre im ersten Viertel dieses Jahrhunderts, das andere die um die Mitte dieses Jahrhunderts verbreitete vulkanistische Auffassungsweise zur Darstellung bringt: so wird man den Einfluss ermessen, den die Gesammtheit seiner Leistungen im Gebiete der Geologie auf den Entwickelungsgang dieser Wissenschaft ausgeübt hat.

5.

Erd- und Völkerkunde, Staatswirthschaft und Geschichtschreibung.

Von

Oskar Peschel.

Alexander von Humboldt's Grosse gründet sich darauf, dass er die Erdkunde, die vor ihm noch wenig mehr als eine Ortskunde (Topographie) gewesen war, durch neue und vielfältige Aufgaben bereichert uud zu einer Naturkunde der Erdräume erhoben hat. In diesem Sinne wären wir gezwungen, fast ein Gesammtbild seiner Leistungen zu entwerfen, da, vielleicht mit einziger Ausnahme seiner physiologischen Arbeiten, alles was er zur Beförderung der Wissenschaften beigetragen hat auch als eine Förderung der Erdkunde sich betrachten lässt. Da jedoch seine wissenschaftlichen Leistungen in gesonderten Abschnitten zur Würdigung gelangen, so wird unsere eigene Aufgabe beträchtlich verengert. Der Abschnitt über Astronomie weist nach, wie viel Humboldt durch seine Ortsbestimmungen zur Verschärfung der bis dahin vorhandenen Karten des tropischen Amerikas beigetragen hat, sowie dass er der erste Festlandreisende gewesen ist, der in diesen Gegenden durch Zeitübertragung, mit Hülfe vervollkommneter Uhren, die geographischen Längen seiner Rastplätze genau zu ermitteln suchte. In der Würdigung seiner geologischen Arbeiten begegnen wir der grossen Ent-

deckung, dass eine Mehrzahl von Vulkanen in Reihen geordnet liegen, oder mit andern Worten auf tief ins Innere reichenden Spalten der Erdrinde stehen. Der meteorologische Theil feiert Humboldt als den Schöpfer der Linien gleicher Erdwärme (Isothermen, Isotheren, Isochimenen), durch welchen Meistergriff er 1817 aus einer ungeordneten Zusammenhäufung von mittlern Zahlenwerthen, abgelesen an den Thermometern der Neuen wie der Alten Welt, die erste Klarheit über die Ursachen verbreitete, warum die örtliche Wärmemenge nicht symmetrisch abnahm mit der wachsenden Polhöhe. Aus dem botanischen Abschnitte erfahren wir, wie viel durch Humboldt's Arbeiten unser Wissen von den klimatischen Grenzen gewisser Pflanzenformen und Culturgewächse, sowie von den Wanderungen der verschiedenen Arten gewonnen habe. Versagen müssen wir uns auch zu zeigen, dass Humboldt es war, der zuerst ankündigen konnte, dass das Mass der magnetischen Erdkraft an der Oberfläche unsers Planeten ungleich vertheilt sei, dass es nämlich abnehme von den magnetischen Polen in der Richtung nach dem magnetischen Aequator. Nur den Rest an hervorragenden Leistungen betrachten wir als ausschliesslich der Erd- oder Völkerkunde angehörig; doch ehe wir alles Grosse und Dauernde aufzählen, wodurch er unsere Kenntnisse vermehrte oder unser Beobachten vertiefte, müssen wir zuvor ablehnen, was ihm fälschlich zugeschrieben worden ist.

Bei der Erinnerungsfeier an Humboldt's Heimkehr vor 40 Jahren, am 3. Aug. 1844, hatte Karl Ritter unsern grossen Erdkundigen den Wiederentdecker Amerikas genannt. Eine solche überschäumende Verherrlichung lässt sich nicht rechtfertigen, ja das Lob ist nicht einmal recht verständlich, denn Humboldt hat Nordamerika nur ganz flüchtig auf seiner Heimkehr bereist, er hat von Mittelamerika hauptsächlich Cuba, von Mexico eine Zone zwischen Acapulco und Veracruz, von Südamerika aber das heutige Venezuela, den Lauf des Magdalenenstromes und hauptsächlich Quito, aber keinen seiner riesigen Ströme vollständig, den Orenoco nicht im untern Laufe,

vom Amazonas nur ein einziges Quellgebiet, von den La Plataströmen aber nicht einmal ein solches gesehen. Auch wissenschaftlich lässt sich Amerika am Schlusse des vorigen Jahrhunderts nicht als ein Welttheil bezeichnen, der noch des Entdeckers harrte, denn es würde dies eine Herabsetzung solcher Grössen einschliessen wie Bougner, Condamine, Godin, Jussieu, Don Juan Ulloa und Don Jorge Juan, es würde wie Undank klingen gegen botanische Sammler wie Ruiz, Pavon und Dombey, gegen Ethnographen wie Azara, lauter unmittelbare Vorgänger Humboldt's; was endlich bliebe uns übrig nachzurühmen solchen Nachfolgern wie vor allen Spix und Martius, dem viel zu wenig geschätzten Poeppig, dem vortrefflichen Boussingault, dem tüchtigen Basil Hall und vielleicht auch Pentland?

Wie verhasst unserm Humboldt selbst alle Uebertreibungen waren, und wie ernst er sich zur Wehr setzte, wenn man ihm falsche Verdienste zuschrieb, dafür ist ein bekannter deutscher Geograph als Zeuge aufgetreten. Heinrich Berghaus hatte 1839 eine Karte der peruanischen Küste gezeichnet und sie mit einer langen Widmung an Alexander von Humboldt versehen, worin unter anderm gesagt war, dass unser grosser Landsmann durch die Beobachtung des Mercurdurchgangs am 9. Nov. 1802 die geographische Länge von Callao, also auch die der peruanischen Küste, „unveränderlich befestigt" (invariably fixed) habe. Humboldt bestand darauf, dass das Wort „unveränderlich" wegbleibe, denn „nichts in der Welt sei unveränderlich". Bei dieser Gelegenheit verbat er sich auch sehr ernst, dem kalten peruanischen Küstenstrome seinen Namen zu geben, „ebenso protestire ich (auch allenfalls öffentlich) gegen alle «Humboldt'sche Strömung». Die Strömung war 300 Jahre vor mir allen Fischerjungen von Chile bis Payta bekannt; ich habe blos das Verdienst, die Temperatur des strömenden Wassers zuerst gemessen zu haben."[1]

[1] Briefwechsel A. von Humboldt's mit Heinrich Berghaus, II, 273, 284 fg.

Humboldt zählt überhaupt nicht unter die Vermehrer der bekannten Erdräume, und wenn ihm die Entdeckung des Cassiquiare aus Courtoisie zugeschrieben worden ist, so hat er selbst getreulich alles erfüllt, um einem solchen Irrthum vorzubeugen. Schon 1745 verkündigte Condamine der pariser Akademie, dass ein Jahr zuvor der Jesuit Manuel Ramon vom Rio Negro, also aus dem Amazonasgebiet, durch den Cassiquiare zu Schiff in den Orenoco gelangt sei.[1] Da aber diese Thatsache allen bisherigen Vorstellungen vom Bau grosser Ströme widerstritt und wirklich bis auf den heutigen Tag die einzige Regelwidrigkeit ihrer Art bei grossartigen hydrographischen Verhältnissen geblieben ist, so wurde die Wasserfahrt des spanischen Jesuiten völlig in Abrede gestellt oder auf ein Misverständniss zurückgeführt, indem man lieber annahm, dass der Amazonas und der Orenoco durch zwei grosse Zweige, den Cassiquiare und den Rio Negro, sich bis auf eine ganz schmale Landenge näherten, diese letztere aber als Trageplatz trocken überschritten worden sei. Zur grössern Verwirrung der Ansichten erschien 1750 eine Karte der Jesuitenprovinz Quito, verfasst von Karl Brentano und Nicolaus della Torre, auf welcher der Rio Negro einfach als Nebenfluss des Orenoco eingetragen worden war.[2] In den spanischen Missionen selbst war man freilich genügend über den Sachverhalt unterrichtet und zweifelte niemand an der Verbindung beider Ströme, ging doch bereits eine Briefpost zwischen San-Carlos am Rio Negro und Angostura am Orenoco hin und her, und hatte doch bereits der P. Eugenio Ceresa mit einer Hundert-Varasschnur den Abstand zwischen dem Javita und dem Caño Pimichin gemessen. Das Vorhandensein solcher Vorkenntnisse hat Humboldt nie in ein Geheimniss gehüllt.[3] Wenn aber auch der merkwürdige Kanalbau zweier

[1] *Condamine*, in „Histoire et Mémoires de l'Académie des Sciences", année 1745 (Paris 1759), S. 449.

[2] *A. von Humboldt*, Tagebücher, VII c, 35.

[3] *A. von Humboldt*, Tagebücher, IV, 301, und Reisen in die Aequinoctialgegenden (deutsche Ausgabe, 1860), III, 271.

Riesenströme oder der Cassiquiare längst aufgefunden worden war, so musste er gleichwol für die Wissenschaft von glaubwürdigen Zeugen erst entdeckt werden, und dies bleibt Humboldt's und Bonpland's unbestrittenes Verdienst.

Niemand bedarf auch weniger als Humboldt bei dem Glanze seiner Leistungen noch eines künstlich erzeugten Schimmers. Er selbst hat deutlich ausgesprochen, worauf sich der staunenswerthe Erfolg seiner ersten Reise begründete. Die zweite Hälfte des 18. Jahrhunderts war nämlich ausserordentlich fruchtbar gewesen für die Fortschritte der Naturwissenschaften, namentlich in Bezug auf neue Beobachtungsmethoden. Weil aber seinen unmittelbaren Vorgängern der beherrschende Ueberblick über diese neuen Erkenntnissmittel, also die Mannichfaltigkeit des Wissens noch gefehlt hatte, konnten auch die Ergebnisse ihrer Reisen nicht den raschen Fortschritten des Jahrhunderts genügen.[1]

Kein neueres Messwerkzeug wusste aber Humboldt wirksamer zu gebrauchen als das Barometer. Er war der erste Reisende, der auf weitern Wanderungen keine Gelegenheit zu einer Höhenbestimmung sich entschlüpfen liess, auch hätte ihm nicht leicht ein anderer der Zeit nach zuvorkommen können, weil die richtige Ableitung der senkrechten Erhebung aus dem Betrage des Luftdrucks nicht sehr lange vor Humboldt's Abgang nach Amerika erst gefunden worden war. Wohl hatte schon Périer 1648 auf Anordnung von Blaise Pascal ein Barometer auf den Puy de Dôme getragen und das Quecksilber um mehr als 3 Zoll niedriger stehen gesehen als gleichzeitig in Clermont am Fusse des Berges; wohl hatte Edmund Halley längst bestimmt, dass der Mercur 10800 mal dichter sei als die Luft; wohl hatte noch vor ihm Mariotte das nach ihm benannte Gesetz verkündigt, dass die Luftschichten sich proportional bei Verminderung des Drucks, der auf ihnen lastet, auflockern und ausdehnen, ja selbst die Logarithmen waren schon von

[1] Relation historique, I, 4.

J. C. Scheuchzer zur Ableitung senkrechter Höhen aus den Barometerständen benutzt worden. Dennoch gab es noch immer keine Barometerformel, oder die vorhandenen führten entweder zu groben Irrthümern, wie die Scheuchzer'sche, oder sie waren nur anwendbar auf Höhen über dem Plateau von Quito, wie die von Bouguer.

Der scharfsinnigen Anordnung und der Ausdauer eines grossen genfer Gelehrten, nämlich Jean de Luc's, gelang es endlich, die Schwierigkeiten zu beseitigen. Er hatte zuerst gelehrt, dass das Quecksilber im Barometer nicht blos durch den Druck der Luft emporgehoben werde, sondern dass es auch innerlich sich ausdehne bei wachsenden Temperaturen. Er begann also zunächst die abgelesenen obern und untern Barometerstände zurückzuführen auf die Höhe bei einer für beide gleichen Temperatur. Ist auch der Werth dieser Verschärfung minder erheblich, so würdigte doch de Luc auch gleichzeitig den wichtigen Umstand, dass die Luft selbst sich nicht blos auflockere, wenn der Druck der auf ihr ruhenden Schichten sich vermindert, sondern dass auch eine Zunahme der Temperatur sie verdünne, eine Abnahme sie verdichte. Auf stockwerkartig übereinanderliegenden Standorten an der Salève bei Genf hatte de Luc mit Hülfe seines Bruders den gleichzeitigen Gang der Thermometer und Barometer verglichen, und es war ihm gelungen, eine Formel zu ermitteln, welche ausschied, was bei jedem Stande der Quecksilbersäule der senkrechten Höhe, und was der herrschenden Luftwärme zugeschrieben werden musste. Diese Beobachtungen wurden 1757 begonnen, aber erst 1772 veröffentlicht. Ehe Humboldt abreiste, war das Barometer in den Händen der genfer Naturforscher, vorzüglich in denen de Saussure's, zur Bestimmung von Gipfelhöhen bereits vielfach mit Glück angewendet worden. Während aber unser gefeierter Landsmann aus Europa noch abwesend war, wiederholte ein ausgezeichneter Physiker, L. Ramond, im Jahre 1803 die Standortsbeobachtungen de Luc's an vier Bergen der Pyrenäen und bestimmte nahezu endgültig die Ziffer (Constante), mit welcher der logarithmische

Unterschied der Barometerstände in metrisches Mass übersetzt werden muss. Ramond's Ermittelungen benutzte Laplace hierauf zu seiner berühmten Barometerformel, die bis in die neueste Zeit die herrschende blieb, bis Bessel und andere noch neue Verschärfungen anzubringen lehrten. Humboldt hatte also das Glück, bei seiner Abreise nach de Luc's Vorschriften beobachten zu können und nach der Rückkehr diese Beobachtungen in voller Schärfe berechnet zu sehen.

Bis auf den heutigen Tag noch wird das Barometer zur Höhenbestimmung einzelner Berggipfel benutzt, und auch Humboldt bediente sich seiner zu solchen Aufgaben. Sein Ruhm wäre aber um vieles kleiner geblieben und die Fortschritte der Erdkunde wesentlich verzögert worden, wenn er nicht eine viel grossartigere Anwendung für die Messungen gefunden hätte. Schon bei seiner Reise durch Spanien, vom Mittelmeer bis zum Atlantischen Ocean, befragte er täglich das Barometer über die Meereshöhe, wenn er auch später die damals erzielten Ergebnisse, weil sie ihm nicht mehr genügten, wieder unterdrückt hat. In strengerer Weise verfuhr er aber auf allen seinen überseeischen Wanderungen.

Eine trockene Aufzählung von Höhenangaben wird niemals eine fassliche Vorstellung von den Unebenheiten des festen Landes in uns wachrufen. Um hypsometrische Verhältnisse in einem Gemälde zu versinnlichen, bediente sich Humboldt eines neuen, höchst wirksamen Hülfsmittels. „Die Gesammtheit meiner Höhenmessungen", bemerkt er in seinem Werke über Mexico [1], „verknüpft mit den in das gleiche Gebiet fallenden astronomischen Ortsbestimmungen, diente zum Entwurf der physikalischen Karten, welche dieses Werk begleiten. Sie enthalten eine Reihe senkrechter Querschnitte oder Profile. Ich habe es versucht, ganze Ländergebiete nach einem Verfahren darzustellen, welches bis zum heutigen Tage nur für Bergbauten oder für kleinere Strecken angewendet wurde, wenn durch letztere Kanäle zu

[1] Essai politique, I, 270.

ziehen waren.“ Humboldt also ist der Erfinder der Höhenquerschnitte, mit Hülfe deren allein wir zu einer sinnlichen Ueberschau der Unebenheiten grösserer Gebiete gelangen.

Wenn wir gewöhnt sind, als den glücklichsten, zugleich aber auch schwierigsten, nur stufenweise errungenen Sieg menschlichen Scharfsinns zu preisen, dass Worte in ihre Laute zergliedert, die zergliederten Laute durch Zeichen oder Buchstaben befestigt, gedachte, also nicht vollzogene Kraftäusserungen der menschlichen Stimmmittel dem Auge mitgetheilt, das vorher nur Hörbare in ein Sichtbares umgewandelt wurde, so liegt in Humboldt's Erfindung der Querschnitte eine ganz ähnliche Leistung vor uns. Was sich dem messenden Verstande offenbart hatte, empfing hier seinen bildlichen Ausdruck, es wurde für die Höhenkunde gleichsam ein hypsometrisches Alphabet geschaffen. Wenn Hipparch für die Gemälde der wagerechten Gestaltung der Länder die ersten Kartennetze mit Längen- und Breitenkreisen angewendet hatte, so schuf Humboldt durch seine Profile für ihre senkrechten Gliederungen das erste befriedigende Darstellungsverfahren. Beiläufig müssen wir erinnern, dass seine Querschnitte nicht die einzige fruchtbare Erfindung blieben, welche die physikalische Erdkunde ihm zu danken hat. Auch die örtliche Vertheilung von Kräften wusste er uns durch Sinnbilder auszudrücken, denn wir werden in dem meteorologischen Abschnitte unterrichtet, dass Humboldt zuerst auf den Gedanken fiel, alle Orte der Erde von gleicher mittlerer Jahreswärme durch Linien (Isothermencurven) zu verbinden, um durch diese sinnreiche Vorrichtung die Ursachen zu enthüllen, welche eine der Polhöhe entsprechende symmetrische Vertheilung der Luftwärme stören. Wir hätten darin ein ganz ungewöhnliches Mass von Scharfsinn und Kühnheit zu bewundern, wenn nicht etwas Aehnliches schon vorher auf einem andern Gebiete versucht worden wäre. Edmund Halley war es nämlich, der zuerst die Orte mit magnetischer Rechtweisung oder gleichwerthiger Misweisung durch Curven verband. Humboldt selbst, der stets genau feststellt, was ihm selbst verdankt wird und was er

andern zuvor verdankte, hat dies für denjenigen, der tiefer in den Sinn seiner Worte eindringt, öffentlich bekannt. „Das System der Isothermen, Isotheren und Isochimenen", äussert er [1], „welches ich zuerst im Jahre 1817 aufgestellt, kann vielleicht, wenn es durch vereinte Bemühungen der Physiker allmählich vervollkommnet wird, eine der Hauptgrundlagen der vergleichenden Klimatologie abgeben. Auch die Ergründung des Erdmagnetismus hat eine wissenschaftliche Form erst dadurch erlangt, dass man die zerstreuten partiellen Resultate in Linien gleicher Abweichung, gleicher Richtung und gleicher Kraftintensität miteinander graphisch verband." Der erste, der so etwas gewagt hatte, war eben Edmund Halley gewesen.

Als Alexander von Humboldt seine senkrechten Querschnitte für ganze Länder veröffentlichte, lag die Höhenkunde noch in hülfloser Kindheit. Auf den Karten war die Terrainzeichnung erst zu der Stufe gelangt, wo nur die örtlich auffälligen Rauhheiten der Erdoberfläche mit raupenförmiger Strichelung darzustellen versucht werden, wodurch jedoch die falsche Vorstellung hervorgerufen wird, als gäbe es allenthalben nur Gebirgsketten mit dachförmigem Abfall. Der erste Erdkundige, welcher den Unebenheiten strengere Aufmerksamkeit geschenkt hatte, war der geistreiche François Buache gewesen, dem wir auch einen Tiefenquerschnitt des Aermelkanals verdanken, und der die Begriffe der Wasserscheiden und der Tafelländer (plateaux) zuerst in die Sprache der Geographie eingeführt hatte.[2] Allein welche wunderliche Vorstellungen damals noch die Anschauungen der Geographen beherrschten, lehrt uns eine Schrift von Friedrich Schultz, der, blind erfüllt von Werner'schen Gedanken, alle Unebenheiten als örtliche angehäufte Niederschläge der mehr und mehr eingedampften Oceane betrachtend, die wasserscheidenden Linien als zusammenhängende Continentalrücken

---

[1] Kosmos, I, 340.

[2] *Buache*, in den „Mém. de l'Acad. des Sciences", année 1752 (Paris 1756), S. 408.

ansah und den leichtfertigen Kartenzeichnern die Ausflucht gewährte, nach Entwurf der Entwässerungsläufe die Höhen in das Kartenbild hineintragen zu können.[1] Solche Irrthümer wurden noch lange nachher bewundert, selbst von verdienstvollen Geographen wie Zeune, und erst dem alpenkundigen Ebel war es beschieden, die Wahrheit auszusprechen, dass der Zug der Wasserscheiden verschieden sein kann vom Zuge der Gebirge.[2]

Die äusserst fruchtbare Anleitung zu senkrechten Querschnitten, quer durch ganze Länder, von Meer zu Meer, blieb nicht das einzige, was Humboldt zur fasslichen Darstellung von Höhenmessungen ersann. Im Jahre 1783 hatte Pasumot zuerst durch Längenschnitte, auf welchen die Gipfel sägenförmig aufgesetzt waren, zur Vergleichung der Anden, Pyrenäen und Alpen angeregt.[3] Etwas Aehnliches, aber viel Ernsteres, versuchte Humboldt, indem er an der Vorderansicht eines Gebirges dreierlei zu trennen lehrte: die Gipfelhöhen, den Kamm und die Passhöhen. Man darf wol sagen, dass an die Wichtigkeit der Einschnitte in den Gebirgsrücken niemand vorher gedacht hatte, und doch „müssen die Pässe in wissenschaftlicher und praktischer Beziehung als die wichtigsten Elemente eines jeden Gebirgsrückens gelten".[4] Humboldt nannte daher Kammhöhe eines Gebirges das Mittel aus den sämmtlichen Passhöhen, und er lehrte zugleich, wie man vergleichend die Kammhöhe mit dem höchsten Gipfel nach einer Höhenscala entwerfen solle.[5]

---

[1] *F. Schultz*, Ueber den allgemeinen Zusammenhang der Höhen (Weimar 1803), S. 72.

[2] *Karl Ritter*, Erdkunde, I, 68.

[3] *Pasumot*, bei Rozier, Observations sur la physique (Paris, Sept. 1783), XXIII, 139 fg.

[4] *C. J. Naumann*, Geognosie (2. Aufl.), I, 317.

[5] Vgl. das schematische Bild des Himalaya, der Anden, Pyrenäen und Alpen, wiedergegeben in *A. von Humboldt*, „Atlas der Kleinen Schriften" (Stuttgart 1853), Taf. XII. Eine Copie davon bei *G. A. von Klöden*, Phys. Erdkunde, S. 101.

Noch jetzt müssen wir staunen, dass es Humboldt dadurch gelang, das Physiognomische einer Gebirgserhebung auf einfache Zahlenausdrücke zurückzuführen; denn wenn die Kammhöhe der Pyrenäen noch um 300 Fuss die Kammhöhe der Alpen überragen kann, während doch der höchste Gipfel der letztern fast um die Hälfte noch höher ist als der Pic Nethou, so spiegeln sich in solchen Ziffern die Grundzüge beider Gebirge deutlich ab, denn die Pyrenäen werden wir uns mit mauerartigen Umrissen ohne hochstrebende Gipfel oder tiefe Lücken, die Alpen im Gegentheil aufgeschlossen von bequemen Pässen und verherrlicht durch kühne Bergformen vorstellen müssen.

Verschieden und keineswegs streng abhängig von der Höhe der Kämme oder der Gipfel ist der Rauminhalt der über den Meeresspiegel gehobenen Massen. Laplace, den Humboldt aus regem Dankesgefühl nie unterlässt, seinen Lehrer zu nennen, hatte in seinem berühmten Werke über die „Mechanik des Weltalls" die Aeusserung hingeworfen, dass die mittlere Höhe der Festlande 1000 Meter nicht übersteige. Humboldt dagegen, der bei der Arbeit über Asien sich überzeugt hatte, dass seine Vorgänger die senkrechten Anschwellungen im Innern und im Norden dieses Festlandes übertrieben angegeben hatten, erkannte sehr bald, dass Laplace's Schätzung als Grenzzahl noch viel zu hoch gegriffen gewesen sei. Aus den Höhenziffern, die bis dahin veröffentlicht waren, suchte er die mittlere Hebung der verschiedenen Erdfesten zu berechnen, und er fand schliesslich für Asien 351 Meter (1080'), für Südamerika 344 Meter (1062'), für Nordamerika 227 Meter (702'), für Europa 204 Meter (630'), als Durchschnitt für alle Welttheile etwa 308 Meter.[1]

Es könnte sich gegen die Kühnheit dieser Ermittelung einwenden lassen, dass zu solchen Schlussergebnissen die Zeit noch nicht reif, das heisst die Höhenkunde an gesammelten Messungen noch viel zu arm gewesen sei, hätte nicht unser grosser

[1] Centralasien, I, 80, und Ueber die mittlere Höhe der Continente (Kleine Schriften, I, 438).

Forscher ausdrücklich bemerkt, dass er nur eine äusserste Grenzzahl aufgesucht habe, sodass die mittlere Erhebung der Festlande später leicht als geringer, nicht aber dass sie als höher gefunden werden könnte. Ueberhaupt darf man die Früchte von Humboldt's Wirken weit weniger darin erblicken, dass er der Wissenschaft Thatsachen von dauernder Geltung überliefert hätte. Alle mittlern Werthe müssen überhaupt erschüttert werden, so oft eine neue Grösse zu den bisherigen Grössen hinzutritt. Unablässig sollten deshalb auch die Humboldt'schen Angaben über die Höhenmittel der Festlande verschärft werden. Bis jetzt ist dies jedoch nicht geschehen, sondern alle Lehrbücher nicht blos in unserer, sondern auch in französischer und englischer Sprache begnügen sich, ungeprüft jene ersten Ergebnisse zu wiederholen. Dies lag nicht in dem Sinne des Meisters, sondern er wollte vielmehr nur zeigen, was messungs- und berechnungswürdig sei, und welches Verfahren dabei eingeschlagen werden müsse. Bisher sind auch jene Mittelzahlen Humboldt's für nichts Höheres betrachtet worden als für Merkwürdigkeiten der Höhenkunde, während der grosse Denker sich genau bewusst war, dass er die Grundlage einer neuen Hülfswissenschaft gelegt hatte, die er selbst stereometrische Geognosie nannte. Seine Zahlenmittel sollten keineswegs eine müssige Neugierde nach Zifferngrösse befriedigen, sondern er wusste aus ihnen auch Sinn und Belehrung zu schöpfen für den Bau der Erdfesten selbst. „Die Ebenen des Amazonenflusses bis zum Fusse der Cordillera de los Andes", bemerkt er[1], „würden wahrscheinlich kaum um 80 Toisen erhoben werden, wenn man die Masse der Cordilleren, welche zwar sehr hoch, aber stellenweise mauerartig schmal sind, gleichförmig auf Ebenen von 437000 Quadrat-Seemeilen Oberfläche vertheilte, die beinahe um $^2/_7$ den Flächenraum von ganz Europa übertreffen." Er belehrt uns weiter, dass die Pyrenäen, bis zum Meeresspiegel abgetragen und gleichmässig über unsern Welttheil ausgeebnet, dessen mittlere

[1] Kleine Schriften, I, 401.

Höhe nur um 6 Fuss erhöhen würden, und dass die gleiche Wirkung der Alpen etwa 21 Fuss betragen müsse. Weit mächtiger dagegen werden die festländischen Höhenmittel gesteigert durch Tafelländer von nur sehr mässiger Hebung. Humboldt wollte uns daher zu der Erkenntniss führen, dass die in den Gebirgen erhobenen Massen sehr geringfügig sind gegen den Rauminhalt der Erdfesten, wenn sie aufgesetzt gedacht werden auf die Sohle der Weltmeere, ja dass sie sogar noch schwach erscheinen im Vergleich zu den Hochebenen. Darum bestand er darauf, dass der Bau der Festlande keineswegs abhänge, wie man zu seiner Zeit und seitdem fort und fort gelehrt hat, von ihren Gebirgszügen, dass diese vielmehr nur Rauhigkeiten von untergeordneter Bedeutung, und dass sie zugleich jünger sein müssten als die Hebung der Festlande selbst.[1] Zu Humboldt's Zeiten waren nur sehr spärliche und nicht sehr vertrauenswürdige Messungen über die Tiefen der Weltmeere bekannt geworden, sodass erst seit etwa zehn Jahren ein Vergleich jener Beckenräume mit der mittlern Erhebung der Festlande über den Meeresspiegel sich anstellen lässt. Humboldt hatte immerhin durch seinen Vorgang der Erdkunde die Aufgabe gestellt, die mittlere Erhebung der einzelnen Länderräume von Zeit zu Zeit zu ergründen, und hatte ihr im voraus andeuten wollen, welche Aufschlüsse solche Untersuchungen uns gewähren könnten. Immer werden Zeitabschnitte höherer Erkenntnisse damit beginnen müssen, dass ein vorauseilender Denker neue Fragen an die Natur stellt und neue Wege einschlägt, um sie zum Reden zu zwingen. Sehr gleichgültig ist dabei, ob sich der erste Versuch der Wahrheit schon befriedigend nähere, denn die Verschärfung der ersten Ergebnisse erfordert nur Umsicht und Ausdauer, nicht aber eine ungewöhnliche Begabung.

Auch in der Länderbeschreibung, demnach als Geograph im gewöhnlichen Wortverständniss, hat Humboldt eine neue Zeit geschaffen. Wo für einen Erdraum bereits genaue Karten

[1] Centralasien, I, 139.

vorhanden sind und die Statistik die geforderten Erhebungen bereits ausgeführt hat, da wird auch ein nicht ungewöhnliches Mass geistiger Kräfte ausreichen, um mit Fleiss die besten Stoffe zu sammeln und nach kritischen Sonderungen aus ihnen ein Gesammtbild zu entwerfen. Durch innere Schwierigkeiten erhöht sich diese Aufgabe, wenn unsere Kunde von fernen Ländern nur auf den Bemerkungen durchziehender Reisenden beruht, wie dies beispielsweise bei der meisterhaften Darstellung Asiens durch Karl Ritter der Fall war. Einer seltenen geistigen Grösse bleibt es allein vorbehalten, einer Wissenschaft neue ungeahnte Aufgaben zu stellen, an welche die Vorgänger entweder gar nicht gedacht oder sich ihnen zu nähern nicht gewagt hatten. Humboldt war allerdings nicht der erste, welcher es versuchte, in grossen Zügen ein Gemälde ferner Erdräume, ihrer landschaftlichen Eindrücke, sammt dem Spiel der auf ihnen waltenden Naturkräfte zu entwerfen. Zu einer Beobachtung der Gemüthsvorgänge, welche in uns beim Wechsel irdischer Schauplätze, durch erhebende oder bedrückende Reize der äussern Natur erzeugt werden, hatten im Kreise deutscher Bildung zuerst die beiden Forster, dann aber vor allen Goethe angeregt. Humboldt übertraf sie alle durch seine grossartigen „Ansichten der Natur", die, wenn sie sich auch nicht von dem ihrer Zeit eigenen Hange zur Empfindsamkeit völlig freihalten, sprachlich auch gegen gewisse Vorschriften für die ungebundene Rede verstossen, gleichwol als künstlerische Leistung in ihrer Art noch unübertroffen unsere Literatur schmücken. Für alles, was Sinn und Herz bewegte, fand Humboldt stets das schärfste, mächtigste oder innigste Wort. Seine hinreissenden Gemälde der Steppen, der nächtlichen Stimmen im Urwalde, der Wasserfälle des Orenoco, der landschaftlichen Wirkungen der Gewächse sind die Muster geworden, welche alle ihm nachfolgenden Reisenden oder Landbeschreiber nachzuahmen versucht haben. Ihm allein gelang es aber, nicht blos vor dem lauschenden Zuhörer in vollem Farbenreize Bilder zu erwecken, sondern sie auch durch das Spiel der Naturkräfte zu beleben und an alle Ortserschei-

nungen wieder sinnige Fragen nach der nächsten Urheberschaft zu knüpfen, um überall eine Verkettung des Wahrgenommenen mit einer höhern Ordnung des Ganzen erkennen zu lassen. Aus seinem Munde empfingen wir zuerst die einfache Wahrheit, dass der Wechsel landschaftlicher Eindrücke nicht von der Gestaltung der Erdoberfläche herrühre, weil die gleichen Felsarten überall wiederkehren und überall die nämlichen Umrisse zeigen werden, sondern dass das Gefühl der Fremdartigkeit beim Betreten entlegener Welten nur dadurch entsteht, dass sich die Pflanzenbekleidung des Bodens und mit ihr die vorhandenen Thier- und Menschengestalten ändern. Dann aber durfte er noch hinzufügen, dass für uns Bewohner der gemässigten Zone, die wir umgeben werden von gesellig auftretenden Gewächsen, von Gräsern einerseits, von Nadelgehölzen oder einförmigen Laubwipfeln in geschlossenen Massen andererseits, der tropische Hochwald durch die ausserordentliche Mannichfaltigkeit seiner Arten, kenntlich nur durch spärliche Vertreter, die Ueberraschung völliger Neuheit und ungeahnter Anmuth in Bereitschaft hält.

Hatte Humboldt in seinen „Ansichten der Natur“ unerreichte Vorbilder aufgestellt, wie die Beschreibung der Erdräume künstlerisch behandelt werden solle, so besitzen wir daneben in seinen Schriften über Neuspanien (Mexico) und Cuba neue Arten der Länderbeschreibung, die seitdem mustergültig geworden sind, ja man darf sogar behaupten, dass erst mit diesen Arbeiten die Erdkunde an Rang und Würde früher gereiften Wissenschaften ebenbürtig wurde. Die meisten Lehrfächer beginnen damit, sich eine eigene Sprache zu schaffen. So muss der Schüler in der Anatomie, der Botanik, der Zoologie zuerst die Gegenstände der Beobachtung benennen lernen. Diese Sprache wird ernster und genauer, sobald sich die Ausdrücke auf eine Anordnung der Stoffe stützen, die wir ein System nennen. Die Sprache der Erdkunde dagegen besteht meist in Namen von Ländern, Gebirgen, Flüssen, Meeren und Meerestheilen, Völkern sowie Ortschaften, unter welche sich nur sehr wenige morpho-

logische Schlagwörter, wie Festland, Insel, Halbinsel, Landenge, Ocean, Mittelmeer, Golf, Sund, Nebenfluss u. s. w., oder räumliche Bezeichnungen, wie Nord und Süd, Länge und Breite, hineinmischen. Die Erlernung dieser Sprache ist äusserst mühsam, und wer sich endlich einen Wortschatz erworben hat, dem dient er zu nichts mehr, als auf der Karte etwas Gesuchtes rascher zu erfassen oder ohne Karte im Geiste schon das Bezeichnete vor sich zu sehen. Die meisten dieser Namen sind nicht einmal mit Vorbedacht geschaffen worden, sondern nur geschichtlich entstanden, und man darf beinahe fragen, ob die Erdkunde auf dieser Stufe etwas mehr war als eine mühselige Gedächtnissbelastung, eine Sprache mit lauter Hauptwörtern, die sich zu keinem Satze zusammenfügen liessen, eine Ortskunde, keine Kunde der Erde.

Sowie aber die Erkenntniss dahin gelangte, die örtlichen Erscheinungen ursächlich an die gesetzlich auftretenden Naturkräfte zu ketten, wurde die Länderbeschreibung zum Range einer strengen Wissenschaft erhoben. Der vorhumboldtische Geograph folterte sich und andere mit unerquicklichem Auswendiglernen, der nachhumboldtische, wenn er auch den topographischen Wortschatz bis zu einer gewissen Fülle sich aneignen musste, sann nach über den Zusammenhang nicht blos der physischen, sondern selbst der historischen Begebenheiten mit ihrem Schauplatze. Bevor jedoch unsere Kenntnisse von den Naturkräften nicht zu einer gewissen Reife gelangt waren, konnte von einem solchen Nachdenken nicht die Rede sein, und unser gefeierter Erforscher wäre am Beginn des 18. Jahrhunderts wahrscheinlich aus der Neuen Welt zurückgekehrt, ohne Begründer der physischen Erdkunde zu werden. Selbst am Schlusse des 18. Jahrhunderts war es nur denen möglich, den neuen Beruf der Erdkunde zu erkennen und ihre höhern Aufgaben zu lösen, die nach dem Vorbilde H. B. de Saussure's an Wissen so reich begütert waren wie unser gefeierter Landsmann. Wenn aber irgendwelche Verdienste sauer und mühsam erworben werden mussten, so sind es sicherlich die-

jenigen, deren Verherrlichung jetzt unsere süsse Pflicht geworden ist.

Wenn wir die Leistungen der einzig würdigen unter Humboldt's nächsten Vorgängern vergleichen wollen, so müssen wir uns umsehen, was die Theilnehmer an der peruanischen Erdbogenmessung, vor allem Bouguer und Condamine, was die Begleiter des Kapitän Cook auf der ersten Fahrt, Banks und Solander, oder die auf der zweiten Fahrt, die beiden Forster, was der letzte überlebende Theilnehmer der dänischen Expedition nach Aegypten und Vorderasien, der gewiss grosse Niebuhr, was ein einzelner Gelehrter wie Chappe d'Auteroche auf seiner Weltreise zur Beobachtung des Venusdurchgangs, oder was eine Schaar von Erforschern als Begleiter Bonaparte's auf dem Feldzuge gegen die Mamluken aus dem untern Nilgebiete heimbrachten. Das Beste in allen diesen Fällen beschränkte sich auf eine Bereicherung der Herbarien, Museen und Cabinete mit neuen Pflanzen, Thieren oder Mineralien. Es wurde zugleich für verschärfte Ortsbestimmungen gesorgt, alte Denkmäler entdeckt, Inschriften aufgenommen und den Entzifferern überliefert. Dergleichen Jagdzüge haben auch Humboldt und Bonpland veranstaltet und weit mehr als 6000 neue Gegenstände aus beiden Reichen der belebten Schöpfung erbeutet. Arm dagegen kehrten ihre Vorgänger heim an ermittelten Grössen und Thatsachen, die über die Beschaffenheit der menschlichen Wohnorte Bestimmungen gewährt hätten, die unter sich verglichen werden durften. Die französischen Geodäten, welche eine ungenügend strenge Höhenmessung auf der Landenge von Suez ausgeführt hatten, schadeten der Wissenschaft durch den Irrthum, dass der Spiegel des Rothen Meeres nicht in gleicher Höhe stehe mit dem Spiegel des Mittelmeeres.[1] Bouguer und Condamine bemühten sich allerdings, etliche Höhen zu bestimmen, die jedoch nur zu Ergebnissen von zweifelhaftem

[1] Noch 1845, zur Zeit als Humboldt den ersten Band seines „Kosmos" (S. 324) schrieb, waren jene Fehler nicht beseitigt worden.

Werthe führten; die stockwerkartige Folge der Stufen des ewigen Schnees, des Graswuchses und der Gehölze an den Abhängen der Anden blieben von ihnen nicht unbeachtet; ihr Begleiter Godin entdeckte die täglichen Wendestunden beim rhythmischen Steigen und Sinken der Quecksilbersäule im Barometer; endlich bestrebte sich Bouguer redlich, wenn auch ohne entscheidenden Erfolg, die Ablenkung des Lothes aus der senkrechten Richtung durch die Nähe so gewaltiger Bergmassen wie der Chimborazo zu ermitteln. Johann Reinhold Forster brachte einige Wärmemessungen, freilich nur aus seichten Seetiefen mit heim sowie eine Anzahl anderer glücklicher Wahrnehmungen über die Natur der australischen Meere: er bemerkte unter anderm, dass die Aehnlichkeit der Pflanzenwelt in der Südsee mit asiatischen und amerikanischen Gewächsen bei der Annäherung an das eine oder andere Festland grösser werde; und sicherlich würde dieser noch immer zu wenig geschätzte Beobachter weit mehr geleistet haben, wenn er, statt weniger Ausflüge vom Bord eines Geschwaders, ausgedehnte Wanderungen durch Festlande ausgeführt hätte.

Verglichen mit allen diesen berühmten Männern lässt sich Humboldt's Grösse in wenige Worte zusammenfassen, denn sein Buch über Neumexico war die erste physische Landbeschreibung, die wir besitzen. Sie beginnt mit einer durch genaue Ortsbestimmungen verbesserten Karte, gewährt das erste Bild der senkrechten Gliederung, zeigt uns, wie durch diese Gestaltung die Klimate sich auf kurzen Strecken ändern, wie sich diesen Aenderungen wiederum der Ackerbau in der Wahl der Feldfrüchte fügen muss, und wie die Landwirthschaft schliesslich zurückwirkt auf Sitten und Gewohnheiten der Bewohner. Hier also erkennen wir bereits die Abhängigkeit menschlicher Tagesgewohnheiten und geselliger Satzungen von den fest begründeten Naturverhältnissen. Innerhalb gewisser Begrenzungen ist es jedoch auch den Bewohnern verstattet, ihren Gebieten einen erhöhten Werth und eine Bedeutung für die übrige Menschheit zu geben, die sie ursprünglich nicht besassen. Mit sichtlicher

Vorliebe hatte daher Humboldt den Wanderungen der Hausthiere und Culturpflanzen seine Aufmerksamkeit zugewendet. Ein wenig Glück, wenn man bei unserm vielseitigen Meister von Glück sprechen darf, war im Spiele, dass er gerade nach Mexico wandern sollte, wo „jedes Gewächs des ganzen Erdkreises irgendwo anbauungsfähig war“, und wo sich leichter als anderwärts die Bedingungen des Auftretens solcher bedeutungsvoller Naturgaben wie des Pisang, des Zuckerschilfes, der Orange, der Agaven, des Oelbaums, des Weinstocks erkennen liessen. Dort auch liess sich vergleichen der wesentlich verschiedene Feldbau innerhalb der Wendekreise und in den gemässigten Erdgürteln, sowie ihre Rückwirkung auf die Erziehung und Sittenstufe der Bewohner: wie ganz anders, nämlich um wie viel strenger der Mensch den Naturzwang zwischen den wogenden Saatfeldern fühlt, als zwischen den malerisch zerfetzten Bananenstauden, die ihm zwar ein leichtes, dafür aber auch an ernstern Erregungen leeres Leben bereiten.

Hätte sich Humboldt darauf beschränkt, an solchen Beispielen den Einklang der menschlichen Gesellschaften mit dem örtlichen Masse von Naturkräften uns inne werden zu lassen, so würde schon dadurch ihm ein unvergänglicher Ruhm in der Wissenschaft gesichert gewesen sein, denn eben solche neue Gedanken waren es, die, in einem Gespräche nach der Rückkehr aus der Neuen Welt entwickelt, unserm Karl Ritter zuerst Klarheit über die hohe Aufgabe der Erdbeschreibung gebracht haben.[1] Doch zeigt uns das Buch über Neuspanien den grossen Denker auch auf andern, noch schwach betretenen Wissensgebieten im Streben nach neuen und höhern Zielen. Frühere Jahrhunderte hatten keine Ahnung von der räumlich verschiedenen Dichtigkeit der Bevölkerungen besessen. Erst die Begründung von Lebensversicherungsbanken in England weckte das ernste Bedürfniss, sich über die örtlichen Kopfzahlen zu unterrichten, doch gelangte erst 1742 Johann Peter Süssmilch auf den Gedanken, aus den Geburts- und Sterbelisten die

[1] *G. Kramer*, Karl Ritter, ein Lebensbild (Halle 1864), I, 165.

Dauer des durchschnittlichen Lebensalters und daraus wieder die Bevölkerungsziffer abzuleiten. A. F. Büsching erwarb sich dann das Verdienst, in den Handbüchern der Länderkunde zuerst Angaben über Flächeninhalt und Kopfzahlen eingeführt zu haben. Immerhin blieben selbst damals noch die Kirchenbücher die einzigen Urkunden, aus denen sich der Umfang einer Bevölkerung ermitteln liess, denn die erste strenge Volkszählung, welche stattfand, war die des Jahres 1790 in den Vereinigten Staaten, deren Beispiel England zehn Jahre später, Deutschland erst bei Anfertigung der Bundesmatrikeln folgte. Wie unsicher die statistischen Schätzungen vorher schwankten, erfahren wir aus Humboldt's eigenem Munde, bei dessen Heimkehr aus Amerika man sich noch stritt, ob die Stadt Paris 5 oder 800000 Bewohner zähle![1] Für Neuspanien berechnete Humboldt selbst den Flächeninhalt nach seiner Karte, die Kopfzahl aber konnte er nur aus den handschriftlichen Aufzeichnungen der spanischen Geistlichkeit ableiten. Eine einzeln stehende Zahl ist aber ein todtes Grössensinnbild, das uns so wenig Aufklärung gewähren könnte wie die Höhe der Quecksilbersäule in einer Thermometerröhre, welcher die Theilstriche fehlen würden. Humboldt sorgte dafür, durch schlagende Vergleiche einerseits mit dem spanischen Mutterlande in Europa, andererseits mit dem aufstrebenden Nachbar, den Freistaaten in Nordamerika, den neuspanischen Ziffern Sinn und Bedeutung abzugewinnen.

Dieses vergleichende Verfahren übertrug Humboldt sogleich auf ein anderes Gebiet. Dass zur Beschreibung eines Landes auch die Aufzählung seiner Erzeugnisse gehören müsse, fühlten schon Herodot, Strabo, Cäsar, überhaupt die bessern unter den Erdkundigen des Alterthums, und im Fache der Productenkunde sind selbst die arabischen Geographen fleissig und genau gewesen. Dagegen gab es selbst zu Humboldt's Zeiten wenige Angaben über die Mengen, die örtlich erzeugt wurden. Immerhin liess sich vieles

[1] Essai sur la Nouvelle Espagne, I, 323.

aus den Zoll- und Steuerbüchern ersehen, die Humboldt auch stets zu Rathe zog. Wenn wir aber noch heutigentags erfahren, dass irgendein Land 100000 Ctr. Zucker erzeuge, so muss sich sogleich die Frage regen: Ist dies viel oder wenig, und in welchem Sinne oder Verhältniss ist es viel oder wenig? So erging es auch Humboldt, als er beispielsweise über die Ausfuhren des Zuckers aus Mexico und Cuba die nöthigen Angaben in den Händen hatte. Er schritt daher augenblicklich zum Vergleiche[1] mit den übrigen Antilleninseln sowie mit Indien und China, er suchte die Quantitäten auf, welche am Ursprungsorte gebraucht werden, und ermittelte, welcher Ueberschuss durch den Welthandel in ferne Verzehrungsgebiete gelangt. Die Unvollständigkeit der Angaben zu Alexander von Humboldt's Zeiten erscheint uns jetzt sehr kümmerlich, weil die gegenwärtigen öffentlichen Gewalten für Herbeischaffung genauer Werthe sorgen. Um so eindruckvoller ist es für uns, wie mit den spärlichen Zahlen unter Humboldt's ordnender Hand sich die Productenkunde veredelt. Als wissenswürdig bezeichnet uns Humboldt schon hier die Gesammtbefriedigung irgendeines Culturbedürfnisses, er sucht daher die jährliche tellurische Quantität irgendeines Erzeugnisses, wie es der Zucker ist, weil erst wenn wir diese kennen, die Leistung eines bestimmten Landes für die Versorgung der menschlichen Gesellschaft festgesetzt werden kann. Solchen frühzeitigen Anregungen ist es zu verdanken, dass das Ziel, welches Humboldt vor Augen sah, in unsern Tagen immer genauer erreicht worden ist. Ein Ziffergemälde des Welthandels, wie es K. von Scherzer in den wissenschaftlichen Arbeiten über die Fahrt der Fregatte Novara entworfen hat, und das als eine tellurische Productenkunde bezeichnet werden darf, enthält die Lösung der höchsten Aufgabe, die in der Kindheit der statistischen Arbeiten Humboldt der Zukunft gestellt hatte.

Als der gefeierte Denker sein Buch über Neuspanien ver-

[1] Essai politique, III, 183.

fasste, ahnte er noch nicht, dass seine Weise einen Erdraum zu beschreiben in Zukunft die Aufgabe aller Geographen werden müsste. Lange pflegte er zu sinnen und zu wählen, ehe er seinen Schriften einen Titel gab, von dessen Wirkung und Anziehungskraft, wie er recht gut wusste, oft genug der äusserliche Erfolg eines Buches abhängt. Humboldt aber zeigt uns durch den Titel seiner Arbeit („Essai politique sur le Royaume de la Nouvelle-Espagne"), dass er den Inhalt damals noch zu den Staatswissenschaften zählte. Seitdem allen Reisenden und allen Verfassern von Handbüchern Humboldt's Schriften als Muster gedient haben, ist aber die Länderbeschreibung zu einem staatswissenschaftlichen Fache aufgestiegen.

Durch seine Behandlung der Stoffe zeigte Humboldt nämlich, dass jede bessere Länderbeschreibung gründliche Kenntnisse in der Staatswirthschaft unbedingt erfordert. Wie aus der vorausgehenden Lebensschilderung ersichtlich geworden ist, besuchte Alexander von Humboldt im Winter von 1790—91 die Handelsakademie von Büsch und Ebeling in Hamburg, und wenn von den Leistungen eines Schülers auf den genossenen Unterricht geschlossen werden darf, war der hohe Ruf jener Anstalt ein wohlbegründeter. Die grössten Wahrheiten der Staatswirthschaft hatte damals schon Adam Smith mit grosser Klarheit ausgesprochen, weitere Kenntnisse verdankte unser Gelehrter den Arbeiten Necker's, auch den Beobachtungen Arthur Young's, den trefflichen, von unserer Zeit aus Unkenntniss geschmähten Schriften von Malthus, sowie dem fortgesetzten Verkehr mit Galatin; dazu aber gesellten sich die eigenen wirthschaftlichen Erfahrungen, die sich Humboldt während seiner bergmännischen Beschäftigung erworben, welche ihn auch zum selbständigen Nachdenken über die Vorbedingungen von Erzeugung und Absatz anregen musste. Noch jetzt, wo die Lehrsätze doch so ausserordentlich verfeinert worden sind, darf man jedem Schüler Humboldt's Schriften über Neuspanien und seinen Briefwechsel mit Cancrin zum Unterricht über staatswissenschaftliche Stoffe empfehlen.

Als Beobachter der Natur auf die Ermittelung von Grössen und Werthen sowie auf strenge Begründung der Wahrheiten verwiesen, konnten ihm Lehren ohne übereinstimmende Messungen nicht genügen, daher er überall die wirthschaftlichen Erscheinungen durch den Ausdruck der Quantität zu befestigen suchte. Da sich als Bergmann sein Blick für die Erbeutung der edeln Metalle geschärft hatte, zogen ihn die Grubenbauten auf seinen Wanderungen durch Peru und Mexico ganz besonders an. Da nun das Gewicht, welches dazu gehört, dass irgendwer irgendeine Arbeit leiste oder von einem Eigenthume sich freiwillig trenne, oder mit andern Worten: da der Marktwerth aller von uns geschätzten Güter immer ausschliesslich seinen Ausdruck in einer Quantität Silber oder Gold finden muss, Silber und Gold selbst aber, worüber Humboldt beständig nachgedacht und nachgeforscht hat, von Jahrhundert zu Jahrhundert an innerlichem Tauschwerth geschwankt haben, so kann eine strengere Einsicht in die Ursachen solcher Schwankungen erst erreicht werden, wenn wir die Quantität alles Silbers und Goldes im menschlichen Verkehr von Zeit zu Zeit annähernd abzuschätzen vermögen. Wohl mag den Uneingeweihten Bangigkeit befallen bei dem Gedanken, dass jemand sich erdreisten sollte, die Baarschaft der gesammten Menschheit zu berechnen, und gewiss war es ein kühnes Unternehmen. Dennoch hat Humboldt alle Schwierigkeiten überwältigt, soweit eine Ueberwältigung dabei denkbar ist.

Fest an der Voraussetzung haltend, zu welcher alles historische Wissen berechtigt, dass nämlich die Mengen edler Metalle, die um 1492 in den Händen der Europäer sich befanden, verglichen mit den seitdem zugeflossenen Schätzen, höchst geringfügig waren, folglich das Endergebniss wenig verrücken konnten, durfte er nur zusammenzählen, was seit 1492 aus Amerika nach der Alten Welt an beiden edeln Metallen verschifft worden war, um zu einer Begrenzung für die vorhandenen Grössen zu gelangen. In dem äusserst werthvollen elften Abschnitt des vierten Buchs seines Werkes über Neuspanien gelangte Humboldt theils durch höchst besonnene und vertrauenswerthe

Schätzungen für die mässigen Ausbeuten bis zum Jahre 1546, theils von da ab durch Forschungen in den Archiven Perus und Mexicos zu dem Ergebniss, dass das spanische Amerika von 1492—1803 an beiden Metallen 4,851,200000 Piaster, mit Zuziehung der portugiesischen Gebiete aber die Neue Welt 5,706,700000 Piaster, davon 1,348,500000 in Gold und 4,358,200000 in Silber, oder in runden Werthen 30 Milliarden Franken an beiden Metallen dem Verkehr überliefert habe. Vor Humboldt hatte der britische Geschichtschreiber Robertson die gleiche Berechnung anzustellen gewagt, jedoch ohne Benutzung amtlicher Urkunden, und sich dabei um nicht weniger als 16 Milliarden geirrt.[1] Auf der von Humboldt gefundenen Ziffer beruht im wesentlichen alles, was wir über den Baarschatz der handeltreibenden Völker wissen, und alle staatswirthschaftlichen Schriftsteller haben sich seitdem ihrer zu fortgesetzten Ermittelungen bedient.[2] Humboldt wusste recht gut, dass sehr beträchtliche Werthe dieser Ausbeute in dem Handel mit dem Morgenlande aus Europa wieder abgeflossen waren, aber auch für diese Mengen waren annähernde Schätzungen zulässig, und selbst wenn sie abgezogen wurden, behielt das, was der Verkehr in der Alten Welt festgehalten hatte, noch eine schwer zu erschütternde Herrschaft.

Als daher die Goldausbeuten im Ural und später im Altai vor etwa 40 Jahren zu grössern Verhältnissen heranwuchsen, vermochte Humboldt die Geschäftswelt vor den Besorgnissen einer Ueberflutung mit Gold und einer Erschütterung seines Werthverhältnisses zum Silber, die Staatsmänner aber vor Misgriffen und Uebereilungen in der Münzgesetzgebung durch eine glänzende Abhandlung: „Ueber die Schwankungen der Gold-

[1] Essai sur la Nouvelle Espagne, IV, 243.

[2] Es geschah dies: in England von *William Jacob* 1831 in dem zweibändigen Werke „Production and consumption of the precious metals", deutsch von *Kleinschrod* (Leipzig 1838); von *Michel Chevalier*, im dritten Bande seines „Cours d'Économie politique" (Paris 1850); in Russland von Herrn *von Tengoborski*: „Des gîtes aurifères" (Paris 1853), und von Herrn *Narses Taraschenko-Otreschkoff*: „De l'or et de l'argent" (Paris 1856).

production“ („Deutsche Vierteljahrschrift“, October 1838, Bd. 4) zu bewahren. „Der Hauptgrund des schwachen Wirkens der uralischen und nordasiatischen Goldausbeute“, schrieb er damals, „liegt aber wol, wie ich schon mehrmals bemerkt habe, in der relativen Kleinheit des Zuflusses, verglichen mit der schon vorhandenen Masse edler Metalle.“ Hätte man diese treffliche Untersuchung nicht vernachlässigt, so würden wir, nach Entdeckung californischer Goldschätze vor etwa zwanzig Jahren, nicht haben erleben müssen, dass in Frankreich Michel Chevalier, in England Häupter des öffentlichen Bankwesens voreilige Beunruhigungen durch die Ankündigung eines bevorstehenden Sinkens der Werthe theils der edeln Metalle überhaupt, theils des Goldes in seiner Stellung zum Silber hervorriefen. Gegen diese Befürchtungen traten damals nur Adolph Soetber[1] und der Verfasser auf, dessen Ansichten Humboldt in einem freundlichen Briefe völlig billigte.[2]

Auch die russische Finanzgesetzgebung suchte Humboldt, wiewol vergeblich, von dem Fehltritt abzuhalten, aus der neuerbeuteten uralischen Platina Münzen zu schlagen. Graf Cancrin trug diesen Lieblingsgedanken unserm gefeierten Landsmann in einem Briefe vom 15. Aug. 1827 vor, worin er sich zwar selbst schon sehr viele richtige Einwände stellte, aber den allerwichtigsten Umstand übersah. Ehe sich Humboldt auf irgendeine Widerlegung einliess, erkundigte er sich zuvor, wieviel Platina überhaupt im russischen Reiche verfügbar sei, und als ihm darauf erwidert wurde, etwa 1200 russische Pfunde, warnte er vor jedem Versuch einer Platinprägung, indem er sich darauf berief, dass dieses Metall in Paris von 1822—25 von 3 Thlr. auf $7\frac{1}{3}$ Thlr. das Loth gestiegen, dann aber bis 1827 wieder auf 5 Thlr. gesunken sei. Ein Metall, welches nothwendig

[1] „Geld- und Bankwesen“, als Anhang zu seiner Ausgabe von John Stuart Mill's „Grundsätzen der politischen Oekonomie“ (Hamb. 1852), II, 622.

[2] Historische Erörterungen über die Schwankungen der Werthrelation zwischen den edeln Metallen und den übrigen Handelsgütern („Deutsche Vierteljahrschrift“, 1853, Nr. 64).

auf lange Zeit, wenn nicht auf immer, Schwankungen ausgesetzt war, eignete sich nicht als Werthmesser für den öffentlichen Verkehr. Die Anerkennung, welche sich Gold und Silber nach und nach bei allen Völkern der Erde seit Jahrtausenden erworben hatten und bis zur Gegenwart ungeschwächt erhalten konnten, gründet sich sehr wesentlich auf ihre Verwendung zu Schmuck und Zierath. Nachdem Humboldt den russischen Staatsmann erinnert hatte, dass die Gold- und Silberarbeiter in Europa fast ein Fünftel der jährlichen Erzeugung an edeln Metallen in ihren Gewerben verwenden, fuhr er fort: „Wie unbeträchtlich ist im Vergleich mit diesen ältern Metallen die Anwendung der Platina zu Gefässen! Wie wenig ist zu hoffen, dass bei der kalten, ungefälligen Farbe des Metalls die Nachfrage nach der Platina trotz ihrer übrigen herrlichen Eigenschaften steigen werde!"[1] Der Wahrheit dieser Einwände blieb man jedoch in Petersburg unzugänglich, es wurden vielmehr eine Zeit lang Platinmünzen geschlagen, bis die Erfahrungen dazu zwangen, das „ungefällige" Metall wieder aus dem Umlauf zurückzurufen, sodass es seitdem nicht mehr von seinen nützlichen Verrichtungen in den stillen Werkstätten des Physikers und Chemikers abgezogen worden ist.

Durch den oben erwähnten Briefwechsel mit Graf Cancrin war der Gedanke zu Humboldt's Reise nach dem Ural und Altai im Jahre 1829 angeregt worden, deren Ergebnisse wir in seinem Werke „Centralasien" (deutsch von W. Mahlmann, zwei Bände, Berlin 1844) besitzen. Hatte unser grosser Naturforscher nach seiner Rückkehr aus Amerika die Fortschritte der physischen Erdbeschreibung in fast allen ihren Fächern mit nie zuvor erhörtem Erfolge beschleunigt, so sollte die asiatische Reise dagegen arm an neuen epochemachenden Anregungen bleiben. Von allen Schriften Humboldt's wird gegenwärtig die über Centralasien am seltensten benutzt, und sie ist es auch, welche uns am wenigsten Stoff bietet, seine rein geographischen Leistungen zu verherrlichen, denn die werthvollen Untersuchungen des zweiten

[1] Im Ural und Altai, S. 14.

Bandes über Wetterkunde (Meteorologie) gehören in ein Gebiet, dessen Würdigung einem andern Gelehrten überwiesen worden ist, und das Gleiche gilt von den astronomischen und erdmagnetischen Arbeiten Humboldt's auf seiner asiatischen Reise.

Immerhin gelang es seiner geographischen Thätigkeit auch damals, eine Anzahl Irrthümer aus den bisherigen Vorstellungen vom senkrechten Bau Nordasiens zu verdrängen.[1] Auf der Reise von Berlin nach Petersburg, quer durch Russland und durch das westliche Sibirien, hatte er sich theils über Tiefebenen, theils über Einsenkungen (Depressionen) bewegt, und dort war es, wo in ihm der Gedanke reifte, durch Berechnung der mittlern Höhen unserer Festlande einen neuen Wissenszweig zu gründen, nämlich die stereometrische Geognosie, deren schon an einer frühern Stelle unsres kritischen Versuchs gedacht worden ist. Fügen wir noch hinzu, dass Humboldt jedes Anschwellen Sibiriens zu einem Tafellande von 6–8000 Fuss widerlegen konnte, und dass ihm das Gleiche gelang auch in Bezug auf Ostturkestan. Aus dem Auftreten des Baumwollenbaues und der Rebenzucht in Kaschgar, Yarkand und Chotan schloss er, dass die zugehörigen Gebiete nur 4–600 Toisen über dem Meeresspiegel liegen könnten[2], und in der That haben neuere Messungen etwa 700 Toisen als Mittel ergeben.

Statt sich auf die Schilderung dessen zu beschränken, was er wirklich gesehen hatte, der russischen und sibirischen Ebenen mit dem Ural und Altaï, versuchte Humboldt über die noch nicht streng erforschten Gebiete zwischen dem Thian-schan und Himalaja zu bessern physischen Vorstellungen zu gelangen. Durch Julius von Klaproth und Stanislas Julien hatte er sich verleiten lassen, die Genauigkeit chinesischer Quellen aufs höchste zu preisen, während sie seines Vertrauens in Bezug auf

[1] Humboldt schrieb selbst an Graf Cancrin: „Was die grossen Karten des Generalstabs von Innerasien von Ketten zwischen dem Ural und Altai angeben, quer durch die Steppe, hat sich als Phantasie berglustiger Topographen ergeben.“ (Briefwechsel mit Graf Cancrin, S. 96.)

[2] Centralasien, I, 605–6.

Innerasien nicht würdig waren. Als Ergebniss seiner Forschungen lieferte er uns seine Karte von Centralasien, die neben grossen Wahrheiten neue Irrthümer enthält. Dass Ostturkestan oder der innerste westliche Golf der Wüste Gobi von einem Gebirgswall begrenzt werde, der sich von Süd nach Nord erstreckt und den Humboldt Bolor nennt, hat sich neuerdings wieder bestätigt. Auch stellte Humboldt in grossen Zügen die Richtung der Bodenerhebungen in Mittelasien naturgemäss dar. Vergegenwärtigen wir uns die vormaligen Verwirrungen asiatischer Höhenkunde, in welche Klaproth die erste Klarheit brachte, als er den Thian-schan (Himmelsgebirge) von dem Künlün trennen lehrte, so muss man auch Humboldt Dank zollen, dass er eine Menge chinesischer Kettennamen verbannte, die, sich bald da bald dort wiederholend, das Verständniss des senkrechten Baues erschwerten. Die wahren plastischen Verhältnisse vermochte aber Humboldt nicht aus den chinesischen Quellen zu ermitteln, sie sind überhaupt erst in den letzten zehn oder zwölf Jahren durch das gleichzeitige Vordringen der Russen und Engländer nach Ostturkestan theils von Norden, theils von Süden her enthüllt worden. Humboldt dachte sich den Künlün als eine Kette, aufgestiegen aus der westlichen Flur der Wüste Gobi, den Karakorum dagegen erklärte er, immer auf die Gewährschaft chinesischer Geographen, für einen Engpass im Küulün.[1] Diese Vorstellung hat sich als durchaus irrig erwiesen, denn zwischen dem indischen Fünfstromland und der ostturkestanischen Hochebene liegt, etwa fünf geographische Grade breit und im Mittel bis zur Montblanc-Höhe aufgestiegen, die gewaltigste Anschwellung der Erde, deren südlicher Absturz Himalaja, deren nördlicher Absturz Künlün genannt wird. Auf diesem erhabenen Sockel streichen wieder ein halbes Dutzend

[1] Centralasien, I, 100. Der Atlas zu *Ritter's* „Asien" kennt einen Karakorumpass in dem Künlün, aber auch eine Karakorumkette in einer relativ ziemlich richtigen Lage; auch *Humboldt* hat auf seiner Karte von Centralasien die doppelte Deutung des Namens als Pass und Bergkette anerkannt.

Ketten, Kämme oder Falten, mehr oder weniger parallel mit den beiden Abstürzen, nur sparsam geöffnet durch Flussthäler, und eine jener aufgesetzten Erhebungen, wichtig wegen ihrer wasserscheidenden Wirkung, ist der Karakorum.

Neben seinem mehr ungenauen als falschen Bilde, welches Humboldt entwarf und welches über zwanzig Jahre lang die asiatische Länderkunde beherrschte, folgte er noch der Irrlehre eines französichen Geologen, nämlich Leonce Élie's aus Beaumont. Er selbst war beim Entwerfen seiner Karte von Mexico inne geworden, dass vom Orizabapic im Osten bis zum Colima im Westen zwischen 18° 59′ und 19° 12′ nördl. Br., also fast in gleicher Richtung mit den Parallelen, alle erloschenen und thätigen Vulkane jenes Hochlandes lagen, und dass, wenn man diese Linie sich in die Südsee verlängert dachte, die Revillagigedo-Inseln von ihr berührt wurden, die ebenfalls der Sitz vulkanischer Thätigkeit gewesen sind.[1] Diese räumliche Anordnung liess darauf schliessen, dass alle jene Ausbruchstellen durch eine tiefe Spalte der Erdrinde unter sich verbunden seien, und es währte nicht lange, dass eine reihenweise Anordnung der Vulkane im kleinen wie im grossen auch in andern Erdräumen erkannt wurde. Diese Ansicht erweiterte sich zur Vorstellung, dass auch nichtvulkanische Gebirge auf Spalten der Erdrinde heraufgestiegen wären, und in vorsichtiger Beschränkung bedient sich noch jetzt die Erdkunde solcher Ausdrücke. Nun war Élie 1829, also während Humboldt's asiatischer Reise, mit der glücklichen Entdeckung aufgetreten, dass aus dem Alter der gestörten und der ungestörten Schichten an den Abhängen und vorliegenden Ebenen der Gebirge die Zeit oder das Alter der Erhebung selbst nach geologischer Rechnungsart sich ermitteln lasse. Bis hierher hatte sich die Erkenntniss fruchtbar entfaltet, auch durfte Leopold von Buch noch die richtige Wahrnehmung hinzufügen, dass auf bestimmten Gebieten, und namentlich in unserer Heimat, das Streichen der Gebirgskämme einen gewissen Parallelis-

[1] Essai politique, II, 300.

mus und eine gegenseitige Abhängigkeit verrathe, sodass auf einem gegebenen Raume immer nur einige wenige, aber allgemeinere Erhebungsrichtungen vorherrschten. Nun wollte aber Élie weiter erkannt haben, dass alle Gebirgszüge der Erde von paralleler Richtung in den gleichen geologischen Zeiträumen entstanden seien. Während dieser bedauerliche Irrthum britische Geologen nicht von einer erspriesslichern Thätigkeit abzog, wurde er auf dem Festlande desto lebhafter ergriffen und wich erst nach hartnäckiger Gegenwehr allmählich aus den Vorstellungen des jüngern Gelehrtengeschlechtes. Erst spät überzeugte man sich, dass von dem Einhalten irgendeiner Streichungsrichtung gar nicht die Rede sein kann, wo es sich um solche Gebirgsgürtel wie die Alpen handelt, und dass die Erhebungen selbst keineswegs plötzlich, ja nicht einmal ununterbrochen, sondern langsam und nach Pausen der Ruhe erfolgen. So sehen wir denn leider unsern Humboldt, der für den neuen Gedanken sogleich einen gefälligen Ausdruck (Géognosie d'alignement) geschaffen hatte, in seinem Werke über Centralasien überall Gebirgsketten statt Höhengürtel erblicken und sich mit der Bestimmung ihrer Streichungsrichtung abmühen, um wo sich Parallelismus zu erkennen gäbe, alle Glieder zu einem Élie'schen „System" zusammenzufügen. Es war also unser grosser Denker so wenig wie Newton vor Verirrungen gesichert, aber auch sie sind würdig, untersucht und zergliedert zu werden, wäre es nur um uns aufs neue streng einzuschärfen, welche Gefahren es mit sich bringe, auf spärliche Fälle eine allgemeine Regel zu begründen, und dass es räthlicher sei, wo man auf Widersprüche stösst, lieber umzukehren, als sie künstlich aus dem Wege zu räumen. Humboldt hat noch erlebt, dass die Élie'schen „Systeme" von der Kritik zertrümmert wurden, und schon im ersten Bande des „Kosmos" äussert er sich selbst viel behutsamer, ja bereits halb und halb zweifelnd, wenn er sagt: „Die Faltungen der Erdrinde (Aufrichtungen der Schichten), welche von gleichem Alter sind, scheinen sich dazu einer und derselben Richtung anzuschliessen. Die Streichungslinie der Schichten ist nicht immer der Achse

der Ketten parallel, sondern durchschneidet bisweilen dieselbe: sodass dann, meiner Ansicht nach, das Phänomen der Aufrichtung der Schichten, die man selbst in den angrenzenden Ebenen wiederholt findet, älter sein muss als die Hebung der Ketten." Zur Zeit seiner Schriften über Centralasien war er aber noch nicht so vorsichtig geworden, und selbst im Jahre 1849 legte er noch hohen Werth auf seine ältere Behauptung, dass der Himalaja ein „ausscharender Gang" des Künlün, und dieser als die wahre Fortsetzung des Hindukusch zu betrachten sei — eine Sprache, die uns jetzt, wo wir die wahren Verhältnisse überblicken, in wehmüthiges Staunen versetzt.[1]

Auf dem Gebiete der Völkerkunde waren Humboldt's Leistungen ausserordentlich spärliche, sodass im „Kosmos" diesen Stoffen nur wenige Blätter gewidmet werden. Befremdung darüber zu äussern, ist jedoch nicht statthaft, da überhaupt die Anthropologie als Wissenschaft sich erst sehr spät zu regen anfing und lange Zeit verstrich, ehe Gegenstände zum wissenschaftlichen Vergleich in Sammlungen geordnet wurden. Als Humboldt sich auf seine westliche Reise begab, bestanden die ersten Versuche der messenden Völkerkunde in Camper's Bestimmung des sogenannten Gesichtswinkels. Auf diese seitliche Betrachtung des menschlichen Schädels liess Blumenbach, zu dessen Schülern sich unser Humboldt zählte, die Würdigung des obern Schädelgewölbes folgen. Noch bei der Veröffentlichung des „Kosmos" beschränkte sich die Literatur im wesentlichen auf das Handbuch von *Prichard* mit den Zusätzen *Rudolph Wagner's*, auf *Tiedemann's* Untersuchungen des Negergehirns, auf Aeusserungen *Johann Müller's* in der Physiologie des Menschen, und auf *Morton's* Sammlung amerikanischer Schädel.

Dennoch konnte Humboldt schon sehr früh Gedanken aussprechen, welche spätere Forschungen als Wahrheiten streng begründet haben. Unser grosser Denker hielt schon sehr zeitig an der Voraussetzung fest, dass alle Arten der belebten

[1] Briefwechsel A. von Humboldt's mit Heinrich Berghaus, III, 86—87.

Schöpfung von einer eng begrenzten Ursprungsstätte sich durch Wanderungen verbreitet hätten. „Die Gestalt des Altantischen Meeres", äusserte er zur Zeit der ersten Reise[1], „seine ein- und ausspringenden Winkel zwischen Brasilien und Guinea, geben mir Gewissheit, dass der alte und neue Continent einst dort zusammenhingen. Aber die Unähnlichkeiten der vegetabilischen und animalischen Producte machen es wahrscheinlich, dass dieser Zusammenhang mit Afrika in einer Epoche zerrissen wurde, in der die Natur weder Pflanzen noch Thiere hervorgebracht hatte. Deshalb glaube ich immer, dass, wenn nicht Menschen auf Schiffen (was wenig wahrscheinlich ist) von der Südsee kamen, alle Südamerikaner von Mexico einwanderten, ungefähr wie ja Vandalen und Alanen über Deutschland und Italien nach Spanien und Afrika gelangten. Dies beweisen ja auch analoge Sitten in Mexico und Peru."

Wir gewahren also, dass Humboldt der Völkerkunde schon das Ziel stellte, die frühesten Wanderungen der Menschenstämme, welche der beglaubigten Geschichte um unendliche Zeiträume vorausgingen, zu ergründen. Er erlebte nicht mehr, dass ein halbes Jahrhundert später die Lehre aufgestellt werden sollte: alle Arten oder Abarten der Menschheit, deren der eine 8, ein anderer 32, ein dritter 150 feststellte, seien vom ersten Auftreten an mit allen Rassenmerkmalen ausgestattet, ja bereits in Sprachgruppen gesondert, nicht als Einzelnpaare, sondern sogleich als zahlreiche Menschenstämme in den Erdräumen, wo wir sie oder ihre Reste noch jetzt finden, geschaffen worden. Eine solche Behauptung, die nichts anderes ist als ein Verzicht auf die freilich schwierige Erforschung vorgeschichtlicher Begebenheiten, hätte unsern grossen Gelehrten nur mit Bekümmerniss erfüllen können.

Bereits 1810 sprach sich Humboldt über die Stellung der amerikanischen Menschheit in einer künftigen Völkerordnung

[1] Tagebucher, Vol. II und VI, Fragment mit der Ueberschrift „Eigne Gedanken", § 11, S. 31.

genau so aus, wie es gegenwärtig von den besten Kennern geschieht. „Die Völker Amerikas", bemerkt er [1], „mit Ausnahme derjenigen, welche am Polarkreis wohnen, bilden eine einzige Rasse, kenntlich am Schädelbau, an der Farbe der Haut, der Spärlichkeit des Bartwuchses, sowie an den schlichten und straffen Haaren. Die amerikanische Rasse nähert sich sehr merklich den mongolischen Völkerschaften, zu denen die Nachkommen der Hiognu, einstmals gekannt unter dem Namen der Hunnen, die Kalka, die Kalmüken und die Buräten zählen. Neuere Beobachtungen haben sogar bewiesen, dass nicht blos die Bewohner von Unalaschka, sondern mehrere südamerikanische Menschenstämme durch ihren Schädelbau uns einen Uebergang der amerikanischen zur mongolischen Rasse gewähren."

Mit inniger Freude bemerken wir ferner, dass Humboldt schon damals über den Einfluss des Lebensraumes (milieu) auf die Veränderungen der Spielarten nachgedacht hatte. „Die Horden", fährt er fort, „welche die glühenden Ebenen im äquinoctialen Amerika durchstreifen, besitzen gleichwol keine dunklere Hautfarbe wie die Gebirgsbewohner oder die Bevölkerung gemässigter Gürtel, sei es nun dass bei der Menschenart wie bei den meisten Thieren eine gewisse Zeitfolge der organischen Entwickelung eintrat, nach deren Ablauf der Einfluss des Klimas und der Nahrung auf Null herabsank, sei es dass die Entfernung von dem Urtypus erst nach einer langen Reihenfolge von Jahrhunderten fühlbar wird."

Aeussert sich Humboldt zu unserer Verwunderung hier in der Sprache der jüngsten und trefflichsten Biologen, so möchten wir daran noch eine seiner Betrachtungen knüpfen, die früh geschrieben und bisher ziemlich unbeachtet geblieben ist. „Der wilde Mensch", äussert er auf seiner ersten Reise [2], „isst nur einerlei Speise, wie die Insekten die auf einerlei Pflanzen leben.

[1] Vues des Cordillères et monumens des peuples indigènes de l'Amérique, p. VIII.

[2] Tagebücher, a. a. O., § 10, S. 30.

Man zwingt ihn mit Mühe, etwas Neues zu geniessen; daher die grosse Sterblichkeit und die häufigen Krankheiten nach Uebersiedelung in die Missionen. Biegsamkeit, d. h. Leichtigkeit sich an alle Klimate, Luftdünne, Speisen zu gewöhnen, haben wilde Menschen offenbar nicht, so wenig als die dem Menschen verwandten Affen, obgleich auch an Affen zu bemerken ist, dass menschenähnliche (S. Capucinus, S. Seniculus) sich besser verpflegen und ihre Nahrung ändern als kleine, wie S. sciurea, leonina. . . . Jene Biegsamkeit ist eigenthümlich den gemilderten Zonen, wo in einem Jahre das Klima die Temperatur aller andern annimmt, wo der Mensch also vielfach gereizt wird, wo der Wechsel der Jahreszeiten ihn früh zwingt, von vielfacherer Speise zu leben, da die nämliche Nahrung nicht immer zu finden ist, sodass das gastrische System mancherlei zu verdauen lernt."

Wenn Humboldt die amerikanische Menschheit in die Neue Welt aus dem Nordosten Asiens sich eingewandert dachte, und wenn er ihre nächsten Verwandten in der mongolischen Familie erkannte, so befand er sich im Einklang mit den neuesten und geachtetsten Forschern auf dem Gebiete der Völkerkunde. Doch nimmt niemand gegenwärtig an, dass die ersten Einwanderer auf einer höhern Stufe standen als etwa die Engeräckmung (besser gekannt als Botocuden) in den Waldgebieten Ostbrasiliens. Alles was daher in der Neuen Welt an Gesittung erreicht wurde, verdankte die amerikanische Menschheit (mit wenig Ausnahmen) ausschliesslich sich selbst, ja die höchsten Leistungen der Culturvölker des nördlichen Festlandes blieben sogar denen des südlichen völlig fremd, sodass kein oder beinahe kein Austausch von Hülfsmitteln der Gesittung zwischen den Nahuatlaken und Maya einerseits und den Incaperuanern und Chibchas andererseits stattgefunden hat.

Humboldt dagegen behauptete in seinen frühern Schriften, dass Culturanregungen von Ostasien her, von Tübetanern, schamanischen Tataren und bärtigen Aïnos Sachalins und Jessos nach Amerika gelangt seien. Zu dieser Vermuthung gelangte er bei Erforschung der eigenthümlichen Zeiteintheilung der Azteken,

oder wie wir jetzt besser sagen, der Nahuatlaken. Humboldt war der nächste, welcher nach Clavigero's, Boturini's, Rinaldo Carli's und Robertson's Vorgang auf die höchten Culturerscheinungen des vorcbristlichen Amerikas unser Nachdenken lenkte. In Bezug auf das Kalenderwesen der Altmexicaner konnte er wesentlich nur dasjenige bestätigen, was Gama vor ihm schon ermittelt hatte.[1] Beim Vergleich der nahuatlakischen Zeitrechnung mit der Chronometrie der Hindu und der Tübetaner stiess er jedoch auf scheinbare Aehnlichkeiten, und besonders auffallend war ihm, dass acht Namen der zwanzig mexicanischen Monatstage durch Hieroglyphen für Wasser, Seeungethüm, Tiger, Hase, Schlange, Affe, Vogel und Hund bezeichnet wurden, die sich dem Sinne nach unter den zwölf Bildern des tübetanischen Thierkreises wiederfanden. Die Versuchung, einen Culturzusammenhang daraus abzuleiten, war hier so mächtig, dass zu Humboldt's Zeiten wenige, um nicht zu sagen keiner, von uns ihr entgangen wären. Jetzt allerdings schützt uns eine tiefere Kenntniss beider Gesittungskreise vor irrigen Schlüssen, und wir überzeugen uns viel leichter, dass die Zeitrechnung der nahuatlakischen Völker, welche auf einer Theilung des Jahres in 18 Monate zu 20 Tagen mit 5 jährlichen Schalttagen und Einrückung von 13 Tagen am Schlusse eines Zeitabschnittes von 52 Jahren beruhte, ganz selbständig entstanden sein musste und nichts gemein haben konnte mit der Zwölftheilung des Jahres bei ost- oder südasiatischen Völkern.

In dem grossen, noch jetzt nicht geschlichteten Streite, ob den so verschiedenartigen Körpermerkmalen der einzelnen Menschenstämme der Werth von Artenkennzeichen zuerkannt werden soll, ergriff Humboldt entschlossen Partei. „Solange man nur bei den Extremen in der Variation und der Gestaltung verweilte“, äussert er im „Kosmos“ (I, 379), „und sich der Lebhaftigkeit der ersten sinnlichen Eindrücke hingab, konnte man allerdings geneigt werden, die Rassen nicht als blosse

[1] Monumens, planche XIII, fol. 125 fg.

Abarten, sondern als ursprünglich verschiedene Menschenstämme zu betrachten." Dem Begriffe der Art zog er jedoch nicht morphologische, sondern physiologische Grenzen, indem er fortfuhr (a. a. O., S. 381): „Die Menschenrassen sind Formen einer einzigen Art, welche sich fruchtbar paaren und durch Zeugung fortpflanzen; sie sind nicht Arten eines Genus: wären sie das letztere, so würden ihre Bastarde unter sich unfruchtbar sein."

Ein Wink, den er uns für die Eintheilung und Anordnung der Menschenrassen am Schlusse gibt, verdient noch jetzt unser Nachdenken: er bevorzugt nämlich die Gliederung in zahlreichere Abarten. „Wie in dem Gewächsreiche, in der Naturgeschichte der Vögel und Fische die Gruppirung in viele kleine Familien sicherer als die in wenige grosse Massen umfassende Abtheilungen ist, so scheint mir auch bei der Bestimmung der Rassen die Aufstellung kleinerer Völkerfamilien vorzuziehen."[1] Endlich sträubte sich auch sein freundliches und wohlwollendes Gemüth gegen die Annahme von höhern und niedern Menschenrassen, denn er fügt sogleich hinzu: „Es gibt bildsamere, höher gebildete, durch geistige Cultur veredelte, aber keine edlern Volksstämme."

Nicht unerwähnt dürfen auch die geschichtlichen Arbeiten bleiben, zu denen der vielseitig beschäftigte Gelehrte Musse fand. Doch waren es nur die grossen, auf die gesammte Menschheit bezüglichen Begebenheiten, und vor allen die geistigen Entwickelungen der Völker, welche ihn anzogen. In seinen Denkmälern der amerikanischen Volksstämme, sowie in dem Buche über Neuspanien theilte er vieles mit über die geselligen Zustände der alten Peruaner, der Chibchas (lange Zeit misverständlich Muyscas genannt), sowie über die gesitteten Nationen der Hochlande im mexicanischen Mittelamerika. Frühzeitig hatten ihn auch die Entdeckungen des 15. und 16. Jahrhunderts gefesselt. Als daher 1825 die Urkunden des Indienhauses (Casa de contratacion) in Sevilla, aus denen Muñoz zuerst geschöpft hatte,

[1] Kosmos, I, 382.

durch einen trefflichen spanischen Gelehrten, Don Martin Fernandez de Navarrete, veröffentlicht worden waren, und als ein glücklicher Zufall es fügte, dass Humboldt 1832 in Paris unter den Bücherschätzen seines Freundes Baron Walckenaer eine alte spanische Weltkarte von der Hand eines der besten damaligen Seefahrer, Juan de la Cosa's, mit der Jahreszahl 1500 erkannte, die älteste Karte mit Theilen der Neuen Welt, welche uns erhalten worden ist, begann er mit strengem Fleisse seine „Kritischen Untersuchungen über die historische Entwickelung der geographischen Kenntnisse von der Neuen Welt" niederzuschreiben.

Die Urkunden der Entdeckerzeit, und unter andern die merkwürdigen Briefe und Tagebücher des Columbus, der sich selbst nie anders als Don Christoval[1] Colón unterzeichnet hat, waren zum Theil in einer dem heutigen Geographen unverständlichen Sprache verfasst, die erst aufgeklärt werden konnte, wenn man sich zurückversetzte in die beschränkten und irrigen Vorstellungen entfernter Jahrhunderte. Als Humboldt entschlossen diesen Weg betrat, fehlte es ihm beinahe gänzlich an Vorgängern, auf die er sich mit Vertrauen hätte stützen können. Die besten Kenntnisse über mittelalterliche Erdkunde waren anzutreffen bei *Formaleoni* über die Schiffahrtkunde der Venetianer, in einer kleinen Schrift des Hrn. *von Murr* über den Ritter Martin Behaim, in *Zurla's* Erklärungen zum Atlas des Fra Mauro, und in den gelehrten Erläuterungen des Marco Polo von *Marsden* sowie vom Grafen *Baldelli Boni*. Es blieb daher für Humboldt keine andere Wahl als das Befragen des quellenreichen Mittelalters, welches wiederum unter der Herrschaft der Geographen des Alterthums, und zwar meist der schwächern, gestanden war; auch durfte nicht übersehen werden, was Kirchenväter und patristische Schriftsteller gelehrt hatten. Wenn zu Humboldt's Zeit, ausser den Ausgaben des Ptolemäus, kaum ein halbes

[1] So ist mittlerweile die Schreibart dieses Namens gebräuchlich geworden, während bei Navarrete und Humboldt stets Cristobal gelesen wird.

Dutzend mittelalterlicher Originalkarten aufgefunden und dem Wissbegierigen erreichbar geworden war, so besitzen wir jetzt bereits drei ansehnliche Sammlungen, die auf die anregende Wirkung von Humboldt's Schriften entstanden sind.

Noch jetzt können aber *Humboldt's* „Kritische Untersuchungen" als die beste Vorschule jedem dienen, der sich in dem gleichen Fache der Culturgeschichte unterrichten möchte. Die irrigen Vorstellungen der alten Entdecker von der Vertheilung des Festen und Flüssigen, die sie verheissungsvoll in den noch unbegrenzten Westen lockten, hat Humboldt zurückgeführt auf die Zeiten der scholastischen Gelehrten und ihre Auffassung alterthümlicher Schriften. Obgleich unser grosser Denker fast vereinzelt das damals so gut wie unbekannte Gebiet mittelalterlicher Erdkunde betrat, hat er doch überall das Richtige getroffen, sodass noch jetzt seine Darstellung als ein getreuer Spiegel des damaligen Wissens gelten muss. Ein einziges Misverständniss verschuldete er durch seinen Zweifel, dass die Schriften des Marco Polo dem Entdecker Amerikas nicht bekannt gewesen sein sollten. Obgleich nämlich Christoval Colón in der Sprache des Marco Polo China, das Ziel seiner Fahrt, Khatai, den Beherrscher dieses Reiches aber Grosschan nennt, zur Verständigung mit den Beamten der (bereits gestürzten) Mongolenkaiser auch arabisch redende Dolmetscher zu seiner ersten Fahrt an Bord nimmt und für die japanische Inselwelt stets den Namen Zipangu (Dschepen-yu) gebraucht, der durch seine Schreibart schon einen venetianischen Ursprung verräth und der sich bei keinem andern Schriftsteller oder in irgendeiner andern mittelalterlichen Urkunde ausser bei Marco Polo findet, so war doch in den Briefen und Tagebüchern des Genuesers nie der Name jenes weitgewanderten und vielgeschmähten Venetianers anzutreffen, sodass Humboldt zu der irrigen Ueberzeugung gelangte, Colón habe überhaupt keine Kenntniss von den Reisen des grossen Entdeckers gehabt.[1]

[1] Seitdem ist eine Stelle aus einem Tagebuche des Entdeckers, die

Die Wege, welche die frühen Entdecker eingeschlagen hatten, waren, da seitdem die vormals gebräuchlichen Namen aus der Länderkunde verschwunden sind, schwierig zu ermitteln, und die Entdeckung einer so wichtigen Urkunde wie die Karte des Juan de la Cosa würde an sich einen Wendepunkt in der Geschichtschreibung der damaligen Begebenheiten bezeichnen. Sehr sorgfältig untersuchte Humboldt alle Urkunden, um unter den Koralleninseln der Bahamagruppe diejenige auszuwählen, welche am besten dem ersten Landungsplatze des Genuesers, der Insel San Salvador oder Guanahani, entsprechen könnte. Die Bahama-Inseln, durch Sklavenraub frühzeitig entvölkert, waren seitdem unbewohnt geblieben und die alten Ortsnamen aus dem Gedächtniss der Seefahrer verschwunden. Don Martin Fernandez de Navarrete hatte den Landungsplatz des Entdeckers unter den Turks-Inseln vor Santo Domingo gesucht. Humboldt dagegen verlegte ihn in die eigentliche Bahamakette, wo er von jeher gesucht worden war, und zwar schien ihm das „Cat Island“ der englischen Karten zu der verworrenen Beschreibung in dem Schiffsbuche des Entdeckers am besten zu passen. Seitdem aber hat Kapitän *A. B. Becher* eine grössere Schrift über Guanahani veröffentlicht[1] und nach Besichtigung der Oertlichkeiten für die dicht vor Cat Island liegende Watlinginsel sich entschieden, die wol auch den Vorzug vor der andern verdienen dürfte. Aber selbst diese Befestigung des Namens Guanahani sollte nicht allseitig befriedigen, denn ein grosser Kenner der damaligen Entdeckungsgeschichte, *Adolph von Varnhagen*, will neuerdings Mayaguana (Mariguana der neuern Karten) aus der Beschreibung des Entdeckers erkennen.[2] Beschämt müssen Geographen und Geschichtschreiber gestehen, dass sich der Streit noch immer

uns im handschriftlichen Las Casas aufbewahrt worden ist, mit einer Belegstelle aus dem namentlich bezeichneten Marco Polo aufgefunden worden.

[1] The Landfall of Columbus. Journal of the R. Geogr. Society (London 1856), XXVI, 189.

[2] *D. Francisco Ad. de Varnhagen*, La verdadera Guanahani de Colón (Santiago [Chile] 1864).

nicht schlichten lässt. Wer sich streng an das Schiffsbuch des Entdeckers hält, dem wird Herrn von Varnhagen's Wahl am meisten befriedigen, weil sie dem Wortlaute jener schriftlichen Urkunde ohne Schwierigkeiten und gewaltsame Auslegungen gerecht wird. Wer dagegen auf die alten Karten, und namentlich auf die des Juan de la Cosa Werth legt, darf unter den Bahama-Inseln sich nur für Cat Island oder die Watlingsinsel entscheiden.

Entschiedene Erfolge sicherte sich Humboldt dadurch, dass er das Andenken des Florentiners Amerigo Vespucci von schlimmen Verdächtigungen reinigte, die meistens darin ihren Grund hatten, dass nicht blos viele Schriften ihm untergeschoben, sondern auch einige der echten auf gröbliche Weise entstellt worden sind. Dass die Neue Welt Amerika und nicht Columbia genannt worden ist, bekümmert noch jetzt jedes geschichtliche Billigkeitsgefühl, und dass sich diesen Ruhm nun gar ein Mann erschlichen haben sollte, der, wie er selbst eingesteht, nie ein Schiff befehligte, ausser auf seiner letzten Fahrt, die ohne neue Entdeckungen ablief, sollte die Erbitterung gegen Vespucci noch steigern. Der Florentiner verbrachte seine letzten Jahre in Spanien und bekleidete das Amt eines Reichshydrographen (Piloto mayor), zu dessen Befugnissen es gehörte, alle damals vorhandenen Schiffskarten zu prüfen, so zwar, dass kein Indienfahrer eine andere Karte an Bord führen durfte, die nicht von Vespucci als richtig befunden worden war. Der Verdacht lag also nahe, dass durch einen Amtsmisbrauch der Florentiner seinen Namen auf die Karten des westlichen Welttheils heimlich eingetragen habe. Humboldt gelang es indessen wider alles Erwarten, streng zu ermitteln, dass gerade den spanischen Seekarten aus der Hälfte des 16. Jahrhunderts der Name Amerika völlig fremd ist. Die älteste Karte mit diesem Namen, gezeichnet von dem verdienstvollen Peter Bienewitz oder Apianus aus Leissnig, erschien als Beiblatt mit der Jahreszahl 1520, also erst lange nach Vespucci's Tode (22. Febr. 1512), zu einer Ausgabe des

Solinus, veranstaltet von dem Minoriten Giovanni Rienzi Vellini aus Camerino (Camers) im Jahre 1522. Gleichzeitig begegnet uns der verhängnissvolle Name auf der Erdkugel des nürnberger Kosmographen Johannes Schoner, der den südlichen Theil der Neuen Welt darauf bezeichnet als „America vel Brasilia sive Papagalli terra". In beiden Fällen also wurde vorläufig nur auf Südamerika der Vorname des Vespucci übertragen. In einer seiner letzten Schriften[1] hat Humboldt diese frühern Ergebnisse nochmals ausgesprochen und hinzugefügt, dass unter den Ausgaben des Claudius Ptolemäus die strasburger vom Jahre 1522 die älteste ist, welche den Namen Amerika verbreitet.[2] Der grösste Theil der Karten dieser Sammlung wurde aber, wie der Herausgeber Laurentius Phrisius aus Colmar ausdrücklich bezeugt, von dem bereits verstorbenen Martinus Hylacomilus angefertigt. Der ebengenannte Geograph war es auch gewesen, der zu allererst und noch bei Lebzeiten, sicherlich aber ohne Wissen und ohne Aufmunterung Vespucci's, in einer kleinen Flugschrift unter dem Titel „Cosmographiae Introductio", gedruckt 1507 in der lothringischen Stadt St.-Dié, vorschlug, „den vierten Welttheil Amerika zu nennen, weil er von Amerigo entdeckt worden sei".

Als sich Humboldt versichert hatte, dass nur dieser Hylacomilus es gewesen sei, welcher den Misgriff verschuldet habe, forschte er diesem bis dahin völlig dunkeln Schriftsteller nach und entdeckte, dass der wunderliche Name durch eine gewagte Uebersetzung von Wald-See-Müller entstanden war. Er ermittelte ferner, dass wirklich ein Waltzemüller an dem Gymnasium von St.-Dié lehrte, und dass er am 7. Dec. 1490 an der Universität Freiburg im

[1] Ueber die ältesten Karten des Neuen Continents und den Namen Amerika, als Vorwort zu *J. W. Ghillany's* Geschichte des Seefahrers Ritter Martin Behaim (Nürnberg 1853).

[2] Ganz neuerdings ist eine Karte vom Jahre 1509 mit dem Namen Amerika entdeckt worden und befindet sich im Besitze des Feldzeugmeisters von Hauslab in Wien. *D'Avezac,* Allocution à la société de géogr. (Paris 1872), S. 16.

Breisgau als Student immatriculirt worden war. Alles was sich sonst noch über diesen Gelehrten hat erforschen lassen, besitzen wir neuerdings in einer Lebensbeschreibung, die Hr. d'Avezac, in Frankreich unbestritten der grösste Kenner der Geschichte der Erdkunde, veröffentlicht hat.[1]

Da es somit Humboldt gelungen war, beinahe alle wichtigen Thatsachen aus dem Zeitalter der grossen überseeischen Entdeckungen ans Licht zu ziehen, so müssen wir nur beklagen, dass die „Kritischen Untersuchungen“ unvollendet geblieben sind. Die verheissenen vierten und fünften Bände sind nie erschienen, sollten aber die im 16. Jahrhundert erreichten Fortschritte in der Mathematik und der Schiffahrtskunde darstellen. Wäre unser unermüdlicher Forscher tiefer in diese geschichtlichen Stoffe eingedrungen, dann würde er auch selbst wol eine Vermuthung aufgegeben haben, die er noch im zweiten Bande des „Kosmos“ (S. 472) festgehalten hat, nämlich dass die von Pigafetta, einem Begleiter des Magalhaës auf der ersten Erdumsegelung, erwähnte „Kette am Hintertheile des Schiffs“ (catena a poppa) nichts anderes gewesen sei „als eine unserm Log ähnliche Einrichtung“. Ein fachkundiger Gewährsmann hat vielmehr neuerdings gezeigt, dass mit der Schleppleine (catena a poppa) durchaus nicht die Geschwindigkeit des segelnden Schiffs, sondern der Betrag „der Abtrift“ oder der seitlich erlittenen Verdrängung von der eingeschlagenen Segelrichtung ermittelt wurde, die älteste Beschreibung des Log oder der Logge dagegen erst von William Borne (Bourne) 1577 herrührt.[2]

Wir verabschieden uns von dem hohen Manne mit einer Betrachtung seiner letzten Arbeit, die er selbst ein Weltgemälde nannte. Wir begegnen im „Kosmos“ Humboldt's keiner neuen Lehre, fast nicht einmal einem neuen Gedanken von grösserer

---

[1] Martin Hylacomilus Waltzemüller, par un géographe bibliophile (Paris 1867).

[2] Dr. *Breusing*, Director der Steuermannsschule zu Bremen, in der „Zeitschrift für Erdkunde“ (Berlin 1869), IV, 111 fg.

Tragweite, den er nicht schon früher ausgesprochen hätte. Der Verfasser des Weltgemäldes sammelte und ordnete vielmehr nur das, was seine Zeitgenossen und er selbst bereits ermittelt hatten. Tausende von Wahrheiten, von Thatsachen, von Messungen und von Werthen werden an uns vorübergeführt. Sie waren das Beste und das Genaueste, was die damalige Wissenschaft zu bieten hatte, und Humboldt, der in sehr vielen Stücken an die oft von Unwissenden misachteten scholastischen Gelehrten des Mittelalters erinnert, gab uns wie diese eine Imago mundi, einen Weltspiegel, wie er getreuer im Jahre 1846 nicht verfasst werden konnte. „Als ein Zeugniss des umfassendsten Wissens und der angestrengtesten Mühe, nur richtige Data zu liefern", äussert ein grosser Nachfolger Humboldt's auf dem Gebiete der Meteorologie, „hat vielleicht keine Literatur ein dem «Kosmos» vergleichbares Werk aufzuweisen; die vollendetste Darstellung des Vorhandenen tritt aber zurück gegen einen fruchtbringenden Gedanken, auf welchem in der Wissenschaft fortgebaut werden kann."[1]

Ein Vierteljahrhundert ist seit der Herausgabe des ersten, mehr als ein Jahrzehnt seit dem Erscheinen des letzten Bandes vom „Kosmos" verstrichen. Da der Forschungstrieb seitdem in keinem Fache der Welterkenntniss stillgestanden ist, so muss schon jetzt das Humboldt'sche Gemälde in wichtigen Hauptstücken als veraltet angesehen werden. Seit der Unvergessliche die Körperwelt der Himmelsräume schilderte, ist die Masseinheit der rechnenden Astronomie, nämlich die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne, schärfer bestimmt worden, während die Erfindung des Spectroskops für die Kenntniss von den physischen Zuständen der fernsten Himmelskörper ebenso entscheidend geworden ist, wie das Fernrohr in den Händen Galilei's und Kepler's für den Bau des Sonnensystems gewesen war. Auf dem Gebiete der Geologie herrscht jetzt eine Schule, von der sich Humboldt nur

---

[1] *H. W. Dove*, Die Monats- und Jahresisothermen in der Polarprojection, Einleitung (Berlin 1864).

allzu fern gehalten hat, die Schule Sir Charles Lyell's. Unsere Wetterkunde, soweit sie sich auf die Vertheilung der Luftwärme bezog, ist um den Begriff und die Kenntniss der Isanomalen erweitert worden. Die örtliche Verbreitung der Gewächse ist theils in ihrem physikalischen Abschnitte zu schärferer Bestimmung fortgeschritten, theils beschäftigt sie sich nicht ohne sichtliche Vorliebe gegenwärtig mit der vergleichenden Artenstatistik, um die geschichtlichen Beziehungen der Pflanzengebiete untereinander zu ergründen. Endlich ist als ein ganz neues Fach die Biologie mit dem hohen Vorsatz aufgetreten, die Geheimnisse beim Vorgange des Gestalten- nnd Trachtenwechsels in der belebten Schöpfung zu enthüllen. So finden wir im „Kosmos" vieles nicht mehr, was bereits gewusst wird, vieles andere noch nicht, mit dessen Erforschung wir uns gegenwärtig beschäftigen.

Dennoch knüpft sich an dieses köstliche Kleinod einer Schriftsprache voll Hoheit und Anmuth eine neue Zeit und ein „fruchtbringender Gedanke, auf dem die Wissenschaft weiterbauen kann". Jenes Weltgemälde beginnt mit der Schilderung der entlegensten Zusammenscharungen von Körpern und Stoffen in den Nebelflecken, und schliesst mit Betrachtungen über die Rückwirkung der Ländergestalten auf den Gang unserer sittlichen und gesellschaftlichen Zustände. Humboldt hatte zuerst gezeigt, dass wir unsern Wohnort nur dann gründlich kennen lernen, wenn wir unsern Blick nach den Lichtspuren aus den entlegensten Himmelsräumen richten. Die Erde selbst erscheint nur als ein sehr geringfügiges Etwas, eingeschaltet in ein streng geordnetes Spiel messbarer Kräfte. Ihr vormaliger Zustand lässt sich aber errathen, wenn wir aus Analogien in astronomischen Fernen uns Belehrung suchen, während ihr jetziger Zustand nur ein Trugbild der Ruhe und des Beharrlichen gewährt, vermöge der unendlichen Kleinheit der stündlich eintretenden Veränderungen. Die meisten unserer Tagesgewohnheiten hängen mittelbar ab von der Beschaffenheit des Lebensraumes (milieu), in dem wir uns bewegen, also von dem Luft-

kreise, dessen Strömungen gewöhnlich unfühlbar an uns vorüberstreichen. Ihre Beschaffenheit, sowol was die Erwärmung wie die Erfüllung mit Wasserdampf betrifft, hängt theils von der örtlichen Polhöhe, theils von dem senkrechten Aufragen in den Luftkreis, theils aber auch von dem grössern oder geringern Abstande eines Meeres ab, und wiederum von der östlichen oder westlichen, südlichen oder nördlichen Lage dieses Meeres. Das Jahreswetter (Klima) eines Orts beherrscht die Ernährung, folglich auch die Art der Tagesarbeit der Bewohner. Hier werden also die Einrichtungen der Natur massgebend sein für die gesellschaftlichen Typen unsers Geschlechts, welches ja dadurch erzogen wird, dass es die Bedürfnisse des Lebens künstlich befriedigen muss. Da nun die Fortschritte der geistigen Thätigkeit von der örtlichen Verdichtung der Menschen streng abhingen, so mussten Erdräume, die ein näheres Zusammenrücken des Menschen an den Menschen begünstigten, auch die Reife geistig höherer, also sittlich milderer Zustände beschleunigen. „Wie ganz anders“, ruft Humboldt aus[1], „würde der Temperaturzustand der Erde und mit ihm der Zustand der Vegetation, des Ackerbaues und der menschlichen Gesellschaft sein, wenn die Hauptachse des Neuen Continents einerlei Richtung mit der des Alten hätte, wenn die Andeskette, statt meridianartig, von Osten nach Westen aufgestiegen wäre; wenn südlich von Europa kein festes, wärmestrahlendes Tropenland (Afrika) läge; wenn das Mittelmeer, das einst mit dem Kaspischen und Rothen Meere zusammenhing und ein so wesentliches Beförderungsmittel der Völkergesittung geworden ist, nicht existirte; wenn sein Boden zu gleicher Höhe mit der lombardischen und cyrenäischen Ebene gehoben worden wäre!“

So liegen wir, liegen die Verhängnisse unsers Geschlechts an der Kette von Raum und Kraft, denn die scheinbar neutral sich verhaltenden Umrisse des Festen und Flüssigen sind es, die über das Los der Erdenbewohner entscheiden, und oft

[1] Kosmos I, 311.

recht deutlich den Schritt der Sittengeschichte bestimmten. Hier also gewahren wir, wie die Erscheinungen auf einem Gebiete, wo wir uns so gern einbilden, dass wir Freiheit der Bewegung geniessen, sich nicht gänzlich der physischen Weltordnung entziehen. Diese letztere also müssen wir, um in unsern eigenen Geschicken lesen zu können, mit immer gesteigerter Strenge erforschen. Da aber alles innig verkettet ist, kann das eine nicht ohne das andere erklärt werden, wie denn schon das Wort „Kosmos“ auf eine gesetzmässige Verknüpfung der Erscheinungen deutet. Zwischen den inselartigen Fixsternschwärmen, die wir als Milchschimmer im Fernrohr wahrnehmen, bis auf den Glanz einer jugendlichen Cultur mediterraneischer Völker besteht noch immer eine Gedankenverbindung. Den Zusammenhang des Ganzen zu durchschauen und darzustellen, war der hohe Gedanke, der Humboldt zu seinem letzten Werke begeisterte. Hier gab er seiner Zeit ein Muster, künftigen Tagen und einem gereiftern Wissen aber hinterliess er die Pflicht, die gleiche Aufgabe erneut nach seinem Vorbilde zu lösen. Wenn daher auch der „Kosmos“ dem Schicksal alles Zeitlichen erliegen musste, so geschah dies doch nicht, ohne dass Humboldt ein jüngeres Geschlecht hinterlassen hätte, unter welchen alle Strebsamen sich dankbar zu seinen Schülern zählen und noch immer ehrerbietig zu ihm als Muster und Meister hinaufblicken.

6.

Pflanzengeographie und Botanik.

Von

August Grisebach.

Als Humboldt von der fünfjährigen Reise im tropischen Amerika nach Europa zurückgekehrt war, eröffnete er seine literarische Thätigkeit mit der Herausgabe seiner „Ideen zu einer Geographie der Pflanzen" (1805), die er mit einem „Naturgemälde der Tropenländer" begleitete und später Goethe zugeeignet hat. Er bezeichnete damals[1] die hier behandelten Gegenstände als eine Wissenschaft, von der kaum der Name existire und welche Materialien zur Geschichte unsers Planeten vom höchsten Interesse enthalte. Nirgends zeigt sich die eigenthümliche Richtung seines Geistes bedeutender und vollständiger ausgebreitet als in dieser Schrift, die von der Frische seiner grossen Anschauungen angehaucht und durchwoben ist; auf keinem Gebiete war der Einfluss, den er auf seine Zeitgenossen ausübte, von grösserm Gewicht. Man braucht nur die Reisebeschreibungen von Naturforschern dieses und des vorigen Jahrhunderts zu vergleichen, um zu erkennen, wie befruchtend auf die Auffassung des Landschaftscharakters, soweit dieselbe von der Vegetation bedingt wird, die Idee gewirkt

---

[1] Ideen, S. 2.

hat, dass die Oberfläche der Erde gleichsam eine Krystallisation nach grossem Massstabe sei, wo jedes organische Wesen, gleich den Moleculen im Gefüge des Octaeders, eine nothwendige Stelle im Zusammenhange mit den allgemeinen Bildungskräften erhalten hat.

Humboldt hatte das Glück, mit seinen Ansichten über die Vegetation zu einer Zeit hervorzutreten, die, von der das Einzelne blos unterscheidenden Methode im Bereich der Botanik sich abwendend, für erweiterte Gesichtspunkte vorbereitet und empfänglich war. Am Schlusse des 18. Jahrhunderts vollzog sich in dieser Wissenschaft ein ähnlicher Umschwung, wie im Anfang desselben durch Tournefort. In der Systematik begann Laurent Jussieu die Anschauungen Linné's zu verdrängen, und indem er bei der Vergleichung der Formen ihren typischen Bildungsplan aufsuchte, schuf er die natürlichen Gruppen von Organisationen, die auch ihrer räumlichen Anordnung zu Grunde liegen. Während Humboldt noch unter den Tropen verweilte, beschäftigte sich Theodor Saussure mit jenen bewunderungswürdigen Forschungen über die Ernährung der Pflanzen, an welchen die Einsicht in die Bedingungen ihres Lebens erst allmälich reifen sollte. Auf die geographische Naturkunde selbst, auf das Feld, welches nun noch zu bearbeiten übrig blieb, war durch einzelne Vorgänger von verschiedenen Seiten aus die Aufmerksamkeit gelenkt worden. Forster, dessen persönliche Anregung von Humboldt so lebhaft anerkannt wird, hatte zahlreiche Beiträge zur Vergleichung entlegener Länder nach ihren Naturerzeugnissen geliefert, Ramond erkannte auf den Pyrenäen die Aehnlichkeit der Gebirgspflanzen mit denen, die in den Ebenen höherer Breiten wachsen, Link in Göttingen die Abhängigkeit der Lichenen von dem Gestein, auf welchem sie vorkommen; dort wurde der Blick auf die klimatischen, hier auf die topographischen Bedingungen der Vegetation zuerst geöffnet. Aber wie Tournefort nur aphoristische Einzelheiten vorfand, aus denen durch seine Untersuchungen die systematische Botanik erst zu einem wissenschaftlichen Ganzen sich gestaltete, so war es Humboldt vorbehalten, die zer-

streuten Gedanken nicht blos zu sammeln, sondern aus einem Schatz von Anschauungen, der vor ihm nie seinesgleichen hatte, die in ihrer Allgemeinheit einfachen Probleme geordnet zu entwickeln, welche in der geographischen Anordnung der organischen Naturkörper enthalten sind.

Seit seiner frühesten Jugend hatte Humboldt diesen Ideen sich hingegeben. Gern versenke, sagt er später einmal [1], wer nach geistiger Ruhe strebe, den Blick in das stille Leben der Pflanzen und in der heiligen Naturkraft inneres Wirken. Auf der Reise nach den Tropenländern waren seine Ansichten zu einer solchen Reife gediehen, dass der grössere Theil der oben erwähnten Abhandlung schon während des Aufenthalts in Quito (1802) niedergeschrieben werden konnte. Von einer blos geographischen Darstellung der Vegetation unterscheidet sich die Geobotanik Humboldt's dadurch, dass sie ihre physischen Bedingungen zu erforschen strebt. In der grossen Verkettung von Ursachen und Wirkungen dürfe kein Stoff, keine Thätigkeit isolirt betrachtet werden [2]: ein vollständiger Ueberblick der Natur, der letzte Zweck ihres Studiums, könne nur dadurch erreicht werden, dass keine Kraft, keine Formbildung unberücksichtigt bleibt. Durch diesen Grundgedanken, auf welchen alle Beobachtungen über die räumliche Anordnung der Pflanzen zu beziehen sind, wurde der botanischen Wissenschaft und zugleich der Physik des Erdkörpers ein neues Glied, ein umfassendes Gebiet der Forschungen hinzugefügt und nach seinem Umfang, wie nach seinem Inhalt mit so sicherm Blick vorgezeichnet, dass man erstaunt ist, nach mehr als zwei Menschenaltern in den Ideen Humboldt's fast keine einzige der Aufgaben zu vermissen, um deren Lösung sich seitdem so viele und hervorragende Naturforscher unausgesetzt bemüht haben. Jede neue Thatsache liess sich mit Leichtigkeit den damals aufgestellten Grundzügen einfügen. Es wäre eine anziehende Studie, dem Bildungsgange

[1] Ansichten der Natur, 3. Aufl., I, 38.

[2] Naturgemälde, S. 39.

Humboldt's selbst auf einem Gebiete zu folgen, welches er sein ganzes Leben hindurch nie wieder aus den Augen verlor. Da aber in diesen Blättern nur eine Uebersicht seiner Gesammtleistungen zu entwerfen versucht werden soll, so beginnen wir, diese zusammenfassend, mit den physischen Problemen, die er zu lösen suchte, und lassen hierauf eine Darstellung der Methoden folgen, nach denen die geographischen Thatsachen zu ordnen und in anschaulicher Form zu bearbeiten sind.

Wenn die Anordnung der Vegetation zunächst auf die räumlich gegliederten Einflüsse des Klimas und des Bodens hinweist, von denen ihre Organisation bestimmt wird, so bleibt doch eine Klasse von Erscheinungen übrig, welche den gegenwärtig wirksamen Kräften der unorganischen Natur fremdartig gegenübersteht und ihre Erklärung nur von der Geschichte vergangener Erdperioden zu erwarten hat. Die ungleichen Erzeugnisse abgesonderter Länder, deren physische Lebensbedingungen gleichartig sind, stehen mit der Paläontologie in einem bestimmten, wenn auch oft nur dunkel geahnten Zusammenhange. Diese Doppelbeziehung der Vegetation zum Raum, wo sie gedeihen kann, und zu der Zeit, aus welcher sie abstammt, hat Humboldt gleich anfangs scharf auseinandergehalten und über die geologische Seite der Frage sich mit der ihm eigenen Klarheit ausgesprochen. Zwar erlebte er es nicht mehr, wie sehr durch Darwin's Hypothese über den Ursprung der Arten gerade von dieser Aufgabe die Wissenschaft beherrscht wird, aber noch jetzt haben seine damaligen Ansichten ihre Bedeutung nicht verloren, wenn er davon redet [1], dass alle Pflanzen und Thiere der gegenwärtigen Schöpfung seit Jahrtausenden ihre charakteristische Form nicht verändert zu haben scheinen, und doch zugleich die Möglichkeit einräumt, dass ihre specifischen Verschiedenheiten „als Wirkungen der Ausartung und als Abweichungen von gewissen Urformen“ betrachtet werden können. Die Reihenfolge der vegetabilischen Schöpfungen in der Vorwelt

[1] Ideen, S. 10, 20.

bezieht er bereits auf die Abkühlung der Erdkugel[1], und, als hätte er die Schwierigkeiten vorausgesehen, die erst jetzt dieser Lehre aus den Untersuchungen Heer's über die Vegetationsreste der arktischen Zone erwachsen sind, fügt er bei diesem Anlass den Zweifel hinzu, ob nicht einst eine vermehrte Intensität der Sonnenstrahlen über die Polarländer höhere Wärme verbreitet habe, und ob solche Veränderungen, durch welche die Tropen veröden müssten und Lappland den Aequinoctialpflanzen bewohnbar würde, entweder als periodisch oder als vorübergehende Perturbationen unsers Planetarsystems aufzufassen wären. In solchen Aussprüchen des damals noch jugendlichen Mannes erkennt man seine Gabe, entlegene Probleme sicher aufzufassen und dadurch auf den Gang der Forschungen bis zu einer fernen Zukunft anregend einzuwirken. Und bestehen naturwissenschaftliche Leistungen etwa nur darin, dass die einzelnen Fragen erledigt werden? Ist nicht der des gleichen Ruhmes würdig, der sie aufzuwerfen versteht und die Arbeit der Jahrhunderte auf bestimmte und fruchtbare Bahnen lenkt?

Die ursprüngliche Heimat der heutigen Pflanzenarten, die durch ihre Wanderungen verdunkelt wird, bleibt, wie jede geologische Thatsache, dadurch zweifelhaft, dass der spätere Zustand, den wir vor Augen haben, auf verschiedenen Wegen und durch verschiedene Mittel aus einem frühern hervorgehen konnte. Aber ein grösserer Spielraum als über die Entstehungsweise der Organismen ist über ihren ursprünglichen Wohnort der Beobachtung analoger Vorgänge in der Gegenwart eingeräumt. Hier sieht man, wie Humboldt seine Anschauungen über den Haushalt der Natur zu verknüpfen und für die Bearbeitung allgemeinerer Aufgaben zu verwerthen wusste. Die Hypothese der Schöpfungscentren berührend, wonach alle vegetabilischen Keime von bestimmten Gegenden ausgegangen sind[2], überblickt er die Kräfte, durch welche das anfängliche Wohngebiet sich

[1] Ideen, S. 15. — [2] Ebend., S. 10, 16.

erweitern konnte. Er unterscheidet zwischen den Hülfsmitteln, die in der Organisation liegen, und denen, die von aussen auf sie einwirken. Während das Thier erst wenn es herangewachsen seine Heimat verlasse, stellen die Pflanzen ihre Reisen im Zustande des Samenkorns an, welches nach Massgabe seines Baues geschickt ist, durch die Luft oder im Wasser bewegt zu werden. Die Strömungen der Atmosphäre und des Meeres, die Vögel in ihrem Fluge und vor allem den Menschen betrachtet er als die Träger der wandernden Pflanzenkeime. In diesem Kampfe um den Erdboden, worin sie sich entfalten, ist nur dem Grade nach ein Unterschied zwischen der natürlichen Ordnung der Dinge und den Wirkungen der Cultur [1], welche „die Herrschaft fremder, eingewanderter Pflanzen über die einheimischen begründet und diese nach und nach auf einen engen Raum zusammendrängt". Nur unter den Tropen sei die menschliche Kraft zu schwach, um eine Vegetation zu besiegen, welche nichts unbedeckt lasse als den Ocean und die Flüsse. Diese Auffassungen lassen sich auf das Problem der Schöpfungscentren anwenden, sie werden durch einige Thatsachen unterstützt, die aus Humboldt's eigenen Beobachtungen geschöpft sind. Den kryptogamischen Gewächsen [2], deren Keime am kleinsten und daher am beweglichsten sind, kommen die weitesten Wohngebiete zu: „viele Flechten derselben Art finden sich unter allen Breitengraden". Von Phanerogamen dagegen meinte Humboldt in Südamerika nie ein einziges europäisches Gewächs wildwachsend angetroffen zu haben, welches dem Neuen Continent vor seiner Entdeckung als zugehörig gelten konnte. Dies waren die ersten Grundlagen des Satzes, dass die Absonderung der Wohnbezirke von der Wanderungsfähigkeit des Samens bedingt sei und nicht blos von den physischen Einflüssen abhänge, denen die Pflanzen in ihrer Entwickelung unterworfen sind. Aber auch die Schwierigkeiten, die der Lehre von den Schöpfungscentren entgegenstehen, entgingen Humboldt nicht. Er musste

---

[1] Ideen, S. 21. — [2] Ebend., S. 11, 13.

später [1] gewisse Gräser und Cyperaceen als Südamerika und der Alten Welt gemeinsam anerkennen, und er fand auf der Silla von Caracas die alpine Vegetation mit der auf den hohen Cordilleren von Bogota zum Theil aus gleichen Arten zusammengesetzt. Es blieb ihm dunkel, wie die Wanderung über den Atlantischen Ocean vor sich gehen könne, und wie dieselben Ericeen (z. B. Gaultheria odorata, Gaylussacia buxifolia) zwei Hochgebirge zugleich bewohnen, die siebzig Stunden weit durch niedrige Höhenzüge getrennt sind, auf denen sie nirgends eine so kühle Temperatur finden, dass sie daselbst gedeihen könnten. An beiden Abhängen der Anden sah er Pflanzen wiederkehren, welche die zwischenliegenden Höhen doch nicht zu überschreiten vermögen. Der entgegengesetzten Meinung, welche, statt die getrennten Wohngebiete gleicher Pflanzenarten aus Wanderungen abzuleiten, die Entstehung derselben als eine Folge übereinstimmender Temperaturbedingungen auffasst, welche sie an verschiedenen Orten gleichmässig ins Dasein rufen, stellt er sodann die Thatsache gegenüber, dass die Fichten Mexicos in Peru nicht wiederkehren, und dass dem Gebirge von Caracas die Eichen fehlen, die auf gleichem Niveau in Neugranada vorkommen. Nicht aus klimatischen Einflüssen sei die Verbreitung der Melastomen zu erklären, noch die Thatsache, dass keine Rose in der südlichen Hemisphäre gefunden sei. [2] So lässt er das Problem ungelöst, wie es noch heute bestritten ist, und meint, dass der Physiker seine Aufgabe erfüllt habe, wenn er die Bedingungen nachweist, von denen die Verbreitung einer Pflanze beherrscht wird. Was für Kräfte die Wirklichkeit ins Leben riefen, sei in diesem Falle ein unlösbares Räthsel. An diesem Beispiel erkennt man den Nachtheil, in welchem sich der beobachtende Forscher demjenigen gegenüber befindet, dessen Aufgabe es ist, durch Versuche oder durch Rechnung ein Geheimniss der Natur aufzudecken. Der erstere sammelt Bausteine, ohne zu wissen, ob es jemals dem menschlichen Geiste gelingen wird, das Gebäude zu vollenden,

[1] Relation historique, I, 601. — [2] Ebend. II, 385.

welches seiner Phantasie lebendig vor Augen steht: aber es wäre eine Ungerechtigkeit, seine Thätigkeit geringer zu achten, deren Werth nicht blos nach abgeschlossenen Erfolgen, sondern auch nach der Grösse seiner Ideen zu bemessen ist.

In Cuba beschäftigte Humboldt die Erscheinung [1], dass die Vegetation dieser Insel dieselben Pflanzenformen vereinigt wie der Continent Südamerikas in der Nähe des Aequators, obgleich die Temperatur der Wendekreiszone weit grössern Schwankungen nach den Jahreszeiten unterworfen ist. Die Unterschiede des kältesten und wärmsten Monats betragen im Innern von Cuba fast 10° Réaumur, an der Nordküste von Venezuela zu Cumana kaum 2,4°. Aber die tiefsten Temperaturen liegen dort dem Frostpunkte doch fern (12,8° R.), und da die Abkühlung der Luft nur von geringer Dauer ist, so leiden die tropischen Erzeugnisse darunter nicht. Allein nicht aus klimatischen Einflüssen kann es erklärt werden, dass in Cuba und Haïti eine Fichte (Pinus occidentalis) bis zu der heissen Region herabsteigt und auf der flachen Insel Pinos mit dem Mahagonibaume (Swietenia) gemischt wächst. Dieser Fall ist vielmehr ein merkwürdiges Beispiel, dass verwandte Arten derselben Gattung unter ganz verschiedenen klimatischen Bedingnngen stehen können. Denn die Form der Nadelhölzer, welche hier den tropischen Bäumen sich anreiht, erscheint auf dem mexicanischen Continent erst über dem Niveau von 3000 Fuss und verhält sich dort, wie in höhern Breiten, als ein Erzeugniss gemässigter Klimate. Diese Beobachtungen waren die erste Andeutung des allgemeinern und noch nicht hinlänglich gewürdigten Verhältnisses, dass in räumlich genäherten Schöpfungscentren auch bei klimatischer Ungleichheit ebenso wol ähnliche Organisationen entstanden sind, wie an entfernten Orten, deren Klima übereinstimmt.

Von der Ungewissheit, welche die Betrachtung vergangener Epochen nothwendig übriglässt, wendete sich Humboldt, seiner

[1] Relation historique, III, 371—377.

Neigung zu exacten Beobachtungen gemäss, mit grösserer Vorliebe zu den klimatischen Bedingungen, von denen die Anordnung der Pflanzen bestimmt wird. Nach der von ihm gewählten Methode konnten indessen nur die allgemeinsten Beziehungen zwischen Wärme und Vegetation Gegenstand der Untersuchung werden. Nachdem das geographische Gebiet festgestellt war, welches eine Pflanze, sei es in ihrer natürlichen Verbreitung, bewohnt, oder infolge ihres Aubaues einnimmt, wurde aus den meteorologischen Jahrbüchern der Umfang von mittlern Temperaturen abgeleitet, welche in denselben Gegenden vorkommen. Hierbei bleibt der physiologische Zusammenhang zwischen der Organisation und ihren klimatischen Bedingungen unerörtert. „Die mittlern Zahlenwerthe sind“, nach Humboldt's Ausspruch [1], „der letzte Zweck, ja der Ausdruck physischer Gesetze, sie zeigen uns das Stetige in dem Wechsel und in der Flucht der Erscheinungen.“ Aber je mehr die Grenzen der die Vegetation eines Orts bestimmenden klimatischen Grössen auseinanderrücken, und je ungleicher die einzelnen Phasen des Pflanzenlebens sich zu den Abschnitten der verschiedenen jährlichen Temperaturcurven verhalten, desto weniger genügt ein arithmetisches Mittel, die räumlichen Bedingungen einer bestimmten Organisation zu begreifen. Unter den Tropen, als dem Schauplatz von Humboldt's umfassendern Studien, wo die Jahrescurve der Temperatur sich wenig von ihrem Mittelwerthe entfernt, hat dieser Einwurf eine geringe Bedeutung, hier behaupten daher seine Forschungen, die sich auf das Vorkommen einer grossen Anzahl von charakteristischen Gewächsen erstrecken, einen dauernden Werth. Späterhin hat er selbst die Bedeutung der Temperaturcurve anerkannt [2] und wenigstens die Mittelwerthe des Sommers und Winters berücksichtigt. Wenn er indessen die Ausdehnung des Weinbaues nun auch von diesen abzuleiten versucht [3], so bemerkt er doch zugleich, dass

[1] Kosmos, I, 82. — [2] Ebend., I, 350.
[3] Centralasien, Ausg. von Mahlmann, II, 107. — Kosmos, I, 481.

auch die genaueste Bestimmung der mittlern Sommertemperatur nur ziemlich unvollkommen die Hindernisse erkläre, welche sich der Erzeugung eines trinkbaren Weins entgegenstellen, weil der Ertrag der Ernten von der Wärme und Feuchtigkeit der Luft zur Zeit der Blüte und gegen das Ende der Traubenreife bestimmt werde. Die Grenzwerthe der Temperatur [1], welche eine Pflanze nicht überschreitet, genügen ebenfalls nicht, ihre geographische Verbreitung zu erklären, bei welcher die Dauer ihrer Entwickelung von so grosser Bedeutung ist. Auch hat Humboldt selbst bereits angedeutet [2], dass neben der Wärme selbst auch die Zeit ihrer Einwirkung dabei in Betracht zu ziehen sei.

Da in den Tiefländern der tropischen Zone die Unterschiede der mittlern Temperatur nicht so beträchtlich sind, um auf die Vegetationsgrenzen einen bemerkenswerthen Einfluss zu äussern, so bezieht sich die Methode der Untersuchung nach Isothermen hier vorzüglich auf die Pflanzenregionen, welche von der senkrechten Abnahme der Wärme abhängen. In den Ebenen aber war es die Vergleichung der offenen und beschatteten Landschaften, der Savanen Venezuelas, der Wüsten Afrikas und Perus mit den Urwäldern der Hyläa am Orenoco und Amazonas, wodurch Humboldt auf das lebhafteste angeregt wurde und woran sich eine andere Richtung seiner reichen Individualität erprobte. Zahlenwerthe verlieren um so mehr an Bedeutung, je mannichfaltiger die Kräfte sind, durch deren Zusammenwirken eine physische Erscheinung bedingt wird, wobei es vorderhand noch unmöglich ist, das Verhältniss der verschiedenen Einflüsse abzuwägen. Hier besteht die Aufgabe des Naturforschers darin, diese möglichst vollständig aufzufassen und die Art der Einwirkung nachzuweisen. So darf man hoffen, dass der allmähliche Fortschritt, auf sicherer Grundlage angebahnt, zu einfachern Vorstellungen und tiefern Einsichten

[1] Ansichten der Natur, 3. Aufl., II, 136.

[2] Lignes isothermes, S. 96.

in den Haushalt der Natur dereinst führen werde. Die Vielseitigkeit Humboldt's, durch welche er fähig war, jede Naturerscheinung von den verschiedensten Gesichtspunkten aufzufassen und, wie die Fäden eines Gewebes sich kreuzen, ein verwickeltes Problem durch die geordnete Darstellung der bestimmenden Kräfte anschaulich auseinanderzulegen, war vor ihm von niemand erreicht worden, und sie erhöht den seinen Schriften eigenen Reiz, unter dessen Einfluss der Sinn unsers Jahrhunderts für die Betrachtung und Beherrschung der sichtbaren Welt so allgemein sich entwickelt hat. Bei der Vergleichung der ähnlich gestalteten Continente Afrikas und Südamerikas fügt er ein Gesammtbild des neuen Erdtheils zusammen [1], indem er neun verschiedene geographische Momente unterscheidet, durch welche er die verminderte Dürre und Wärme des Klimas und jene „Frondosität des Pflanzenwuchses“ erklärt, die der eigenthümliche Charakter desselben sei. Die meisten Verhältnisse, auf welche er die Aufmerksamkeit lenkte, waren, als Humboldt sie zuerst besprach, ebenso neu als einleuchtend; man erinnert sich jetzt, wo seine Ansichten jedem Naturforscher geläufig sind, kaum noch der Quelle, aus welcher sie abstammen. Es ist leicht einzusehen, dass die Vegetation einer mit Gräsern bewachsenen Fläche [2], und in noch höherm Grade das dürftige Pflanzenleben der Wüste von den grossen Temperaturschwankungen beeinflusst wird, welche die Folgen der verstärkten Insolation und Ausstrahlung eines schattenlosen Bodens sind, aber es dürfen zugleich weder die Luftströmungen, welche die Wolkenbildung verhindern, noch die Feuchtigkeit und Mischung der Erdkrume bei der Frage über ihren Ursprung vernachlässigt werden. In Bezug auf die klimatische Stellung der Wälder hat man Einwürfe gegen Humboldt's Ansichten zu machen versucht, obgleich er gerade hier auch die physiologische Rückwirkung des Baumlebens auf die Wärme sorgfältig in

[1] Ansichten der Natur, I, 14.
[2] Centralasien, II, 128.

Betracht zog. Im Kloster von Caripe [1], welches an der Küste von Venezuela 2400 Fuss über dem Meere bei Cumana liegt, fand er die senkrechte Abnahme der Temperatur ungewöhnlich gesteigert und betrachtete dies, abgesehen von andern örtlichen Einflüssen, als Beweis von der erkältenden Wirkung einer dichten Waldvegetation, auf deren feuchten, beschatteten Boden die Sonnenstrahlen nicht eindringen und deren Kühle durch die Ausstrahlung der Blätter und ihre Verdunstung erhöht wird. [2]

Die Temperaturmessungen in den Anden boten den Schlüssel zum Verständniss der Pflanzenregionen, welche hier auf einem engen Raume die Vegetation aller Zonen vom Aequator bis zu den Polarländern vor Augen führen. Die übereinstimmende Physiognomie der Landschaft bei gleicher mittlerer Luftwärme, die abnehmende Grösse der Stammorgane, wodurch die Gebirgshöhen mit entfernten, dem Pole näher liegenden Tiefebenen verknüpft werden, ist ein allgemeines Gesetz, welches Humboldt zuerst aussprach [3] und worauf er seine geographischen Vergleichungen begründete. Um die Fülle so verschiedenartiger Pflanzenformen zu entwickeln, bemerkt er [4], bleibt der Natur auf dem Abhange der Gebirge unserer Breiten kaum die Hälfte des Raums, welchen ihr die Tropen darbieten, wo auf den Cordilleren die Vegetation erst in der Höhe des Montblanc aufhört. Dies ist das Niveau der Schneelinie nahe am Aequator, „eine der bestimmtesten und unabänderlichsten Erscheinungen," wofür ein Mittel vieler Messungen die Höhe von 14780 Fuss ergab. Nach umfassenden Beobachtungen über die verticalen Grenzen der vorherrschenden Gewächse entwarf Humboldt jene graphische Darstellung der Regionen, welche er als ein Naturgemälde der Anden zwischen dem 10. Grade nördlicher und

[1] Relation historique, I, 411.
[2] Ansichten der Natur, I, 158.
[3] Relation historique, I, 600.
[4] Naturgemälde der Tropenländer, S. 36, 159.

südlicher Breite bezeichnet, und er verglich mit dem Vorkommen der Pflanzen die mittlere Luftwärme, bei welcher sie gedeihen, indem er von tausend zu tausend Meter diesen Werth zu bestimmen suchte ($0^m - 1000^m = 20,2°$ R.; $1000^m - 2000^m = 17°$; $2000^m - 3000^m = 15°$; $3000^m - 4000^m = 7,2°$; $4000^m - 5000^m = 3°$). Eine kurze Uebersicht der Regionen [1], welche er auf den Anden von Quito unterschied, kann zum nähern Verständniss dieses ersten Versuchs dienen, eine anschauliche Vorstellung von der tropischen Gebirgsvegetation zu begründen, einer Behandlungsweise dieses Gegenstandes, die seitdem für die vergleichende Erdkunde massgebend geblieben ist.

Region der Palmen und Pisanggewächse, $0^m - 1000^m$ (abgerundet 3100 Fuss). Zwei Ausnahmen von dem Verbreitungsgesetz dieser beiden Familien gehören zu den merkwürdigsten botanischen Entdeckungen Humboldt's, indem sie noch heute unvermittelt dastehen und aufs neue den Beweis liefern, dass die Aehnlichkeit der Organisation nicht in jedem einzelnen Falle denselben klimatischen Bedingungen entspricht. Dies ist die Bedeutung der Wachspalme (Ceroxylon andicola) auf den Schneebergen von Quindiu in Neugranada, wo sie, entfernt von allen andern Arten ihrer Familie, im Niveau von 5400 bis 9000 Fuss, zwischen Eichen und Walnussbäumen als ein Baum von etwa 160 Fuss Höhe auftrat, sowie einer Musacee (Heliconia) auf der Silla von Caracas, die an einem 6600 Fuss über dem Meere gelegenen Standorte ein fast undurchdringliches Gebüsch bildete. Solche Thatsachen sind von den Paläontologen nicht hinlänglich gewürdigt worden, wenn sie aus der systematischen Stellung der fossilen Pflanzen auf das Klima früherer Erdperioden zu schliessen sich berechtigt glauben.

Region der Farrnbäume, $400^m - 1600^m$ (1200 bis 4900 Fuss). Humboldt stellt mit ihnen die Cinchonen zusammen, die nach ihm den östlichen Abhang der Anden zwischen 700 und 2900 Meter bewohnen sollen. Nach den neuern Unter-

[1] Naturgemälde, S. 59—76.

suchungen Weddel's liegt die eigentliche Ciuchonenregion indessen weit höher als die der Farrnbäume, sie umfasst unter dem Aequator die Niveaux von 2000—2500 Meter, und nur in einzelnen Fällen steigen die Chinabäume bis 1200 Meter nach abwärts, da die von Humboldt in tiefer gelegenen Thälern beobachtete Art sich als nicht zu dieser Gattung gehörig erwiesen hat (es war Exostemma longiflorum). Ich führe diese Berichtigung hier nur deshalb an, um die Bemerkung daran zu knüpfen, dass Humboldt in seinen thatsächlichen Angaben so überaus genau ist, und dass ich nach 65 Jahren, einem Zeitraum, in welchem die von ihm angeregte Forschung so weit fortgeschritten ist, doch in seinen Ideen zur Geographie der Pflanzen nur drei Einzelheiten zu entdecken vermochte, die sich seitdem als irrthümlich erwiesen haben [1]: die Identität der mexicanischen Tannen mit denen der Rocky Mountains, die Entstehung des Torfs aus Meerespflanzen, und die Meinung, dass die tropischen Bäume ein höheres Wachsthum hätten als die der gemässigten Zone.

Region der Eichen, von 1700^{m} (5200 Fuss) an und noch bei 3000^{m} (9200 Fuss). Der Wuchs der Bäume wird nun schon niedrig und ist mit dem nicht zu vergleichen, den sie in den Thälern der Anden zwischen 1200 und 1800 Meter erreichen. Stämme von 45—60 Fuss Höhe finden sich unter dem Aequator selten oberhalb des Niveau von 2700^{m} (8300 Fuss), um so häufiger werden die Sträucher da, wo die Bäume an Grösse abnehmen (Region der Barnadesia, einer holzigen Synantheree).

Region der Escallonien und der Wintera, 2800^{m}—3300^{m} (8600—10150 Fuss). In diesen Niveaux liegen die mit immergrünen Gesträuchen bedeckten, oft in Nebel gehüllten und von Hagelwettern heimgesuchten Paramos, mit deren Vegetation sich keine Region der gemässigten oder kalten Zone vergleichen lässt. [2] So sehr in höhern Breiten die Erzeugnisse nordischer

---

[1] Ideen, S. 6, 8, 29.
[2] Ansichten der Natur, II, 321.

Flachländer mit denen südlicher gelegener Gebirge übereinstimmen, so entging es doch Humboldt nicht, dass diesen Analogien innerhalb der Wendekreise nur eine beschränkte Gültigkeit zukommt. Er bemerkt, dass die Vergleichungen des Klimas sehr verschiedener Breitengrade mit dem der tropischen Hochebenen, wo die jährlichen Temperaturschwankungen wegfallen, ihrer Natur nach wenig befriedigend sind. Hier verlieren gewisse, nicht immergrüne Eichen ihr Laub nicht in der kalten, sondern in der trockenen Jahreszeit. Hier ist die Baumgrenze nicht, wie in den Alpen, beim Eintritt in die alpine Region eine scharfe Vegetationslinie, sondern allmählich nehmen die Stämme an Höhe des Wachsthums ab. Auch die zwerghaften Baumgestalten hören zwar in Quito bei 3500^m (10800 Fuss) auf, aber am Pichincha wurde eine Gruppe von baumartigen Synanthereen ausnahmsweise noch im Niveau von 4100^m (12600 Fuss) angetroffen, deren Stamm sich etwa 22 Fuss hoch vom Boden erhob.

Region der Alpenkräuter, 3300^m—4100^m (10150—12600 Fuss). Hier sind mit Gentianen und andern nordischen Gattungen alpine Arten tropischer Verwandtschaft verbunden, z. B. Sida pichinchensis, Lobelia nana; eine Synantheree mit dickwolligen Blättern, die Frailexonstaude (Espeletia grandiflora), tritt in geselliger Fülle auf, aber bis zu grossen Höhen steigen auch Sträucher derselben Familie (Baccharis).

Region der alpinen Gräser, 4100^m—4600^m (12600—14200 Fuss). Nach dem Vorkommen des gelblich gefärbten Stiparasens entsprechen sie der Punaregion des wüsten Hochlandes von Bolivien. Oft ist in diesen Höhen der Boden wochenlang von Schnee bedeckt, und die Lamaheerden, welche sie bewohnen, werden dann vom Hunger getrieben, in die Region der Alpenkräuter hinabzusteigen. Von der obern Grenze der alpinen Gräser bis zur Linie des ewigen Schnees fand Humboldt unter dem Aequator kein phanerogamisches Gewächs mehr: nur sparsam belebten Steinlichenen das nackte Gestein, von denen zwei Arten, Umbilicaria pustulata und Lecidea geographica, als

die letzten organischen Wesen am Chimborazo auf einer aus dem Schnee vorspringenden Klippe in der Höhe von 5554^{m} (16480 Fuss) bemerkt wurden.

Aehnliche Untersuchungen über die Anordnung der Vegetation nach ihren Niveaugrenzen hat Humboldt auch auf den Anden Mexicos [1] und am Pic von Teneriffa [2] angestellt und hierdurch die früher dargelegten Ansichten erweitert, welche, so lange sie auf ein äquatoriales Klima beschränkt blieben, über das Verhältniss niederer zu höhern Breiten kein hinreichendes Licht verbreiten konnten. Hier können sich in der alpinen Region nur die Gattungen entfernter Zonen wiederholen, die Arten sind durchgehends verschieden. [3] Zwischen den weiten Hochebenen Mexicos und den Prairien Nordamerikas hat dagegen ein Austausch derselben Gewächse stattgefunden, weil der Wechsel des Klimas mit der Declination der Sonne allmählich erst hervortritt, zum Theil freilich auch deswegen, weil die Steppenpflanzen von der jährlichen Wärmevertheilung unabhängiger sind als von der vorübergehenden Befeuchtung des Erdbodens.

Zum Schluss dieser Uebersicht der auf den Zusammenhang zwischen Klima und Vegetation sich beziehenden Arbeiten mag noch eine Beobachtung [4] erwähnt werden, deren Tragweite über die Grenzen einer mechanischen Auffassung des Pflanzenlebens hinausreicht. In Venezuela sah Humboldt an gewissen Bäumen, welche in der trockenen Jahreszeit ihr Laub abwerfen, die Erneuerung der Blätter schon einen Monat dem Eintritt der Regenperiode vorausgehen, als entspreche die Entwickelung nicht blos gegenwärtigen, sondern auch zukünftigen Bedingungen, unter denen die Functionen des Organs eigentlich erst beginnen können. Die Ursache eines solchen Wachsthums entzieht sich unserer

[1] Prolegomena de distributione plantarum, S. 90, und Essai politique sur la Nouvelle Espagne. Deutsche Ausg., II, 54.

[2] Relation historique, I, 183. — Prolegomena, S. 248.

[3] Relation historique, I, 601. — [4] Ebend., II, 45.

Forschung, da doch die Belaubung einen verstärkten Saftzufluss voraussetzt, dessen Quelle in der trockenen Jahreszeit verborgen bleibt. Denn die Erklärung, welche Humboldt versuchte, dass nämlich zu dieser Zeit schon der Dampfgehalt der Luft erhöht sei, ist nicht zutreffend, weil die Wassercirculation der Pflanzen des Zuströmens tropfbarer Feuchtigkeit aus dem Erdboden bedarf. Es liegen hier unstreitig jene dem Instinct der Thiere vergleichbaren Aeusserungen des vegetativen Lebens zu Grunde, von denen Humboldt bei diesem Anlass selbst ein weiteres Beispiel anführt. Nach seiner Angabe sollen Gewächse, die aus einer Hemisphäre in die andere verpflanzt worden sind, lange Zeit hindurch die Ordnung ihrer Vegetationsphasen dem Klima ihrer Heimat gemäss beibehalten.

Um den Charakter der Florengebiete vergleichend darzustellen, legte Humboldt [1] ein Hauptgewicht auf diejenigen Erscheinungen der Vegetation, durch welche die Physiognomie der Landschaft bestimmt wird. Eine solche physiognomische Klassifikation der Pflanzen nach der Entwickelungsweise ihrer Vegetationsorgane begründet zu haben, ist eine seiner wichtigsten Leistungen auf diesem Gebiete, die jedoch bisjetzt nach ihrer Bedeutung nicht hinreichend gewürdigt war, als ich sie in seinem Sinne weiterzuführen unternahm. Ihm verdanken wir die erste Darstelluug sowol der Vegetationsformen, die er mit einem vielleicht etwas zu allgemeinen Ausdrucke als Pflanzenformen bezeichnete, als auch der Anordnung, nach der sie gruppirt sind oder, wie man jetzt sagt, die Formationen der Landschaft bilden. Die Bedeutung dieser Untersuchungeu beruht darauf, dass in der Physiognomie der Natur der Zusammenhang zwischen der Bildung der Vegetationsorgane und ihren physischen Bedingungen sich weit bestimmter erkennen lässt, als in denjenigen Seiten der Organisation, welche der systematischen Botanik zu Grunde liegen.

---

[1] Ansichten der Natur, II, 242.

Anfangs unterschied Humboldt siebzehn[1], später neunzehn[2] Grundgestalten der Vegetation, auf welche man wahrscheinlich alle übrigen zurückführen könne. Die ältesten Versuche, das Pflanzenreich einzutheilen, welche der Systematik Tournefort's und Linné's vorausgingen, kommen hier wieder zur Geltung, indem auf die Vergleichung nicht der Blüten und Früchte, sondern der Stämme, der Zweige und Blätter die Klassifikation begründet wird. Die systematische Botanik musste diesen Weg verlassen, als bemerkt wurde, wieviel veränderlicher und unbestimmter die Form dieser Organe ist, von denen die Ernährung des Individuums abhängt, als der Bau der zur Fortpflanzung dienenden, auf welchen die Erhaltung der Art beruht. Aber dem Streben des Systematikers, den morphologischen Plan einer Organisation nach ihrem Ursprunge und ihrer Entwickelung aufzufassen, steht gleichberechtigt die Aufgabe gegenüber, zu untersuchen, durch welche Mittel das Leben gesichert sei, welches durch die Kräfte der unorganischen Natur beständig zugleich angeregt und bedroht wird. In diesem Sinne ist die besondere Form der Vegetationsorgane von entscheidender Bedeutung. Dass eine hiervon ausgehende Aufzählung der Vegetationsformen, wie Humboldt bemerkt, keiner strengen Klassifikation fähig sei, ist ebenso gleichgültig, wie derselbe Einwurf, nur in minderm Grade, auch jener morphologischen Systematik gemacht werden kann. Ein Natursystem ist nicht nach logischem Massstabe allein zu beurtheilen, es soll höhern Zwecken dienen, als zur Unterscheidung des Einzelnen anzuleiten. Das morphologische oder natürliche System der Organismen soll durch die Einsicht in die Verwandtschaft der Formen das Dunkel ihrer Abstammung beleuchten, hier besteht eine Beziehung zu den Centren ihrer Entstehung; das physiognomische hat eine physiologische Richtung und zeigt, wie die Natur nach Massgabe der physischen Hülfsquellen die Organisation abändert.

[1] Ideen, S. 25.
[2] Ansichten der Natur (Physiognomik der Gewächse), II, 1—248.

Zuweilen fallen die Vegetationsformen mit den Gruppen des natürlichen Systems zusammen [1], in den meisten Fällen kommt dieselbe Bildungsweise der Ernährungsorgane bei dem verschiedenartigsten Bau der Blüten und Früchte vor.

Die Verbreitung der meisten Vegetationsformen beweist unmittelbar ihre Abhängigkeit von klimatischen Einflüssen, einige fordern eine bestimmte Beschaffenheit des Erdreichs, worin sie wurzeln, oder des Wasserzuflusses, der sie belebt. Die Andeutungen, welche Humboldt über ihre Beziehungen zum Klima gab, sind geeignet, zu weitern Forschungen auf diesem Gebiete anzuregen, deren Fortschritt von der wachsenden Einsicht in den Lebensprocess der Pflanzen zu erwarten ist. Die Cactusform, deren Organisation die Flüssigkeiten im Gewebe zurückhält, fand er auf die trockensten Klimate Amerikas angewiesen [2], ihre Bildungen werden bei hoher Luftwärme um so mannichfaltiger, sind aber auch von kalten Höhen nicht ganz ausgeschlossen, sie wurden anf dem dürren Hochlande Mexicos noch im Niveau von 10000 Fuss bemerkt. [3] Ueber die Farrnbäume stellte Humboldt seine Beobachtungen zusammen [4], als er fünf neue Arten am Orenoco entdeckte, von denen die grösste eine Höhe von 35 Fuss erreicht. An ein gemässigtes und feuchtes Klima sowie an schattige Standorte gebunden, sind sie weit seltener als die Palmen und wachsen einsam im Halbdunkel des tropischen Urwaldes, wo die von Wasserdampf erfüllte Luft sich selten erneuert. Während die Mannichfaltigkeit der Palmen in Südamerika gegen den Aequator zunimmt, verschwinden die Farrnbäume in den waldbedeckten Tiefebenen, die südwärts vom 6. Parallelkreise nördlicher Breite vom Casiquiare und Rio-Negro durchströmt werden, weil ihrer Vegetation ein kühleres Bergklima, ein Niveau von 1800 Fuss am

[1] Ansichten der Natur, II, 247.
[2] Relation historique, I, 295.
[3] Ansichten der Natur, I, 224.
[4] Relation historique, I, 437; II, 414.

meisten zusagt und sie nur da bis zu den Küsten hinabsteigen, wo der Boden sich erhebt und sie zugleich in tiefem Schatten geborgen sind. Diese Thatsachen waren für die Beurtheilung jener frühen Periode der Erdgeschichte massgebend, als die Steinkohle aus ähnlichen kryptogamischen Bäumen abgelagert ward. Weniger einfach sind die klimatischen Bedingungen aus der geographischen Verbreitung der Bambusen abzuleiten, hier begegnen uns bei einzelnen Arten anomale Erscheinungen gleich denen, die vorhin von den Palmen und der Pisangform erwähnt wurden. Die Bambusen gehören in Südamerika nicht, wie im tropischen Asien, zu den herrschenden Bestandtheilen der Vegetation, sie bilden an der Küste von Venezuela und an den Ufern des Casiquiare nur vereinzelte Gruppen [1], während sie auf den Anden von Neugranada grosse Landstrecken in ihrem geselligen Wachsthum bekleiden. In den sumpfigen Niederungen am untern Orenoco fehlen sie fast gänzlich, dichte Bambusenwälder, meilenweit ausgedehnt, finden sich dagegen am westlichen Abhange der Hochlande bis Quito. Hier sieht man diese Vegetationsform von der Küste bis zu den Hochthälern der Cordilleren, aber doch nur bis zum Niveau von 5200 Fuss, also bei weitem nicht so hoch ansteigen, wie dies im Himalaja der Fall ist.

In der Physiognomie der Landschaft erkennt Humboldt den reinsten Ausdruck der Harmonie, welche die unorganische mit der organischen Natur verbindet, aber in seiner Vielseitigkeit weiss er das Interesse dieser Betrachtungsweise noch dadurch zu erhöhen, dass er nachweist, wie die Cultur des Menschen von denselben Einflüssen ihre erste Anregung empfängt. [2] Er zeigt, wie in der gemässigten Zone die Indianer von der Jagd, dem Fischfang und wildwachsenden Früchten sich ernähren, unter den Tropen hingegen genöthigt sind, ihre Nahrungspflanzen anzubauen. So ist auch der Gegensatz zwischen den

[1] Relation historique, I, 372; III, 571.
[2] Ideen, S. 16.

Hirtenvölkern, die in den baumlosen Steppen umherziehen, und „den Pelasgern der altgriechischen Eichenwälder", als sie dem Feldbau und der Schiffahrt sich ergaben, von der Vegetation ihrer Heimat bedingt gewesen.

Zur Unterscheidung der Formationen legte Humboldt die Grundlage durch die Beachtung des geselligen oder zerstreuten Vorkommens der Pflanzen [1], wovon er eine Reihe charakteristischer Beispiele sammelte. Die geselligen Formen vergleicht er mit den Thierstaaten der Insekten, sie bedecken weite Erdstrecken, von denen sie alle übrigen Gewächse ausschliessen. Wenn aber, wie in den unermesslichen Wäldern am Orenoco und Amazonas, jede Oertlichkeit mit verschiedenartigen Formen geschmückt ist, so erkennt er darin ein Gleichgewicht im Streite der keimenden Samenkörner, wo kein Gewächs „eine verdrängende Herrschaft über die andern ausübt". Wo die geselligen Pflanzen herrschen, kann man auf eine gewisse Unfruchtbarkeit des Bodens schliessen, welche die Cultur nur schwer überwältigt. Bald als Heiden, bald als scheinbar unbegrenzte Grasfluren, als Steppen oder Savannen, bald als undurchdringliche Waldungen stellen die geselligen Verbindungen der Gewächse dem Verkehr fast grössere Hindernisse als Berge oder Meer entgegen. Der Gesammteindruck von Fülle und Mannichfaltigkeit, oder von Armuth und Einförmigkeit der Landschaft beruht auf diesem Zusammenleben der Vegetationsformen [2], auf ihrer Gruppirung oder Absonderung.

Die Erscheinung über weite Räume verbreiteter geselliger Pflanzen gehört hauptsächlich der gemässigten Zone an [3], innerhalb der Wendekreise sind diese Formationen seltener und stets minder ausgedehnt. Zu den bedeutendsten Beispielen, welche Humboldt's amerikanische Reise ihm darbot, zählt er einzelne Gewächse in den Savannen von Venezuela, auf den Anden von

[1] Ideen, S. 3—7.
[2] Kosmos, I, 377.
[3] Ideen, S. 8, 9.

Neugranada die Bambusen- und die Pisangform, sodann in der alpinen Region derselben neben den Escallonien noch einige andere Sträucher, Stauden und Gräser (Hypericum, Baccharis, Tourretia, das Jaravagras). Aus den Formationen ergibt sich die Naturphysiognomie, welche jedem Himmelsstrich ausschliesslich zukommt[1]: um sie darzustellen, müsse man nicht auf die systematische Stellung der Gewächse, sondern auf das Rücksicht nehmen, was durch seine Masse den Totaleindruck einer Gegend individualisirt.

Der erfreuliche Anblick der Wiesen und eines mit Blumen geschmückten Rasens fehlt den Tiefebenen der heissen Zone fast gänzlich[2], nur auf der Höhe der Anden findet man ihn wieder. Werden im Norden die Gräser und Cyperaceen durch die Feuchtigkeit des Erdbodens zu ausgedehnten Formationen vereinigt, so erheben sich unter den Tropen an solchen Standorten die über mannshohen Stauden der Aroideen- und Scitamineenform. Der einförmige Baumschlag unserer Laub- und Nadelwälder wird dort[3] durch jene gemischten Bestände von Bäumen ersetzt, deren Stämme mit den verschiedensten Lianen umwunden und mit dem Schmuck der Epiphyten bekleidet sind. Ueber dem Laubdache ragen die Palmen wie ein Säulengang empor, wie ein Wald über dem Walde. Im Schatten einer so üppigen Vegetation herrscht ein tieferes Dunkel als im dichtesten Fichtenwalde. Es scheint, als ob ungeachtet der hohen Wärme der Wasserdampf, der unaufhörlich aus dem feuchten Boden und aus den saftigen Organen einer so zusammengedrängten Masse von Pflanzen aufsteigt, sich nicht aufgelöst erhalten könne. Blickt man in den Wäldern des Orenoco nach aufwärts, so sieht man überall Nebelstreifen zwischen den hellen Lichtreflexen sich bilden, mit welchen die Sonne, in die Lücken der Belaubung eindringend, dieses Schauspiel höchster Lebensfülle beleuchtet.

---

[1] Ansichten der Natur, II, 16, 22.
[2] Relation historique, I, 371. — [3] Ebend., I, 436.

Durch solche Naturschilderungen, worin Humboldt ein Meister war, sieht er die Aufgabe erfüllt, eine vergleichende und auf die physischen Bedingungen eingehende Darstellung der Vegetationsgebiete zu entwerfen. Aber da sein Streben beständig darauf gerichtet war, die Auffassung der Natur durch numerische Elemente fester zu begründen und dadurch der Unsicherheit zu egegnen, welche von jeder andern Verallgemeinerung einzelner Beobachtungen unzertrennlich ist, so fand er bald jene Methode einer blos beschreibenden Darstellung nicht genügend und wendete sich mit Vorliebe zu denjenigen Untersuchungen, welche man die Statistik der Floren genannt und die er selbst auch wol als botanische Arithmetik bezeichnet hat. Ehe von dem Princip, welches hierbei zu Grunde liegt, und von dessen Bedeutung geredet wird, ist es von Interesse zu verfolgen, wie diese von ihm vorzugsweise angeregten Forschungen sich während seines langen Lebens gestalteten, und wie er selbst, der sich so viel davon versprach, zuletzt darüber geurtheilt hat. Die Vorstellung, dass in jeder Flora zwischen den Hauptabtheilungen des natürlichen Pflanzensystems bestimmte Proportionen bestehen, ist zuerst (1814) von Robert Brown, dem grössten Botaniker der damaligen Zeit, ausgegangen. Der hierauf weiterbauende Versuch, die Vergleichung der Floren auf Verhältnisszahlen auch der natürlichen Familien zurückzuführen, beschäftigte Humboldt sogleich lebhaft, als er (1815) die Einleitung zu dem systematischen Werke über seine amerikanischen Pflanzensammlungen [1] herausgab, die zwei Jahre später als besondere Schrift [2] erschien und worin diese Untersuchung neben der erneuten Bearbeitung seiner Ideen den Hauptinhalt bildet. Seine Darstellungen wurden allgemein und namentlich von R. Brown mit grossem Beifall aufgenommen, der sie in seiner Abhandlung über die Flora von Congo (1818) besprach und schon damals bemerkte, dass diese Verhältnisse wahrscheinlich nicht allein

[1] Nova genera et species plantarum, Bd. 1.
[2] Prolegomena de distributione plantarum, 1817.

vom Klima abhängen. Als einige Jahre später (1822) die Geographie der Pflanzen von Schouw nach einem umfassenden Plane bearbeitet wurde, finden wir die botanische Statistik bereits als leitenden Gesichtspunkt angewendet, um die Florengebiete nach Massgabe der vorherrschenden Familien abzugrenzen. Auch in den spätern Auflagen seiner „Ansichten der Natur"[1] fährt Humboldt fort, die statistische Methode zu empfehlen, und doch hat er im Kosmos[2] (1845) sich gegen den Versuch Schouw's, geographische Reiche nach dem überwiegenden Vorkommen einzelner Pflanzengruppen aufzustellen, mit Entschiedenheit ausgesprochen. Nicht in dem relativ grössern Reichthum gewisser Familien, sondern in dem Zusammenleben der Formen, also in den Formationen sei der Charakter einer Flora begründet.

Durch die Formationen und Formen der Vegetation steht die Geographie der Pflanzen mit der physiognomischen, durch die Statistik mit der natürlichen Klassifikation in Beziehung. Die letztere Methode bestimmt die absolute Anzahl von Arten, welche in einem Florengebiet zu jeder Familie gehören. Sie vergleicht dieselbe mit der Gesammtzahl der daselbst einheimischen Arten von Gewächsen. Es gibt Gattungen, selbst ganze Familien, die ausschliesslich gewissen Zonen oder auch nur einzelnen Ländern oder Continenten angehören, die meisten sind in ungleichen Verhältnissen über einen grossen Theil der Erde verbreitet. Da es sich nur in seltenen Fällen nachweisen lässt, dass die Organisation der Fortpflanzungsorgane, nach welcher die Abtheilungen des natürlichen Pflanzensystems entworfen sind, von den physischen Einflüssen, die auf sie einwirken, bedingt werde, so weisen die endemischen Erzeugnisse vielmehr auf jene unbekannten Kräfte hin, die bei der Entstehung der heutigen Arten thätig waren und die der Geschichte der Erde angehören. Gramineen finden sich überall, jede Art hat ihre

[1] Ansichten der Natur, a. a. O., II, 127—137.

[2] Kosmos, I, 376.

klimatische Sphäre, aber wir wissen nicht, warum gewisse Gattungen in der gemässigten, andere in der heissen Zone überwiegen, und weshalb im tropischen Afrika die Familie der Gräser sich mannichfaltiger als im Neuen Continent gestaltet hat. Wie könnte man nach den physischen Verhältnissen der Erdtheile einen Grund davon angeben, dass die Palmen in Amerika so zahlreich sind, da doch die wenigen Arten Afrikas durch die Häufigkeit ihres Vorkommens gleichfalls bedeutend in der Physiognomie der Landschaft hervortreten, oder dass dort die meisten Formen aufrecht wachsen, in Asien hingegen Schlinggewächse sind? Die Statistik der Pflanzenfamilien behauptet denselben Werth für die Unterscheidung der Schöpfungscentren, wie die Darstellung der Vegetationsformen und ihrer Anordnung die Einsicht in die physischen Einflüsse befördert, welche jedem Lande sein physiognomisches Gepräge verleihen. Beide Aufgaben sind gleichberechtigt, aber wenn Humboldt der letztern späterhin eine grössere Bedeutung als anfangs beizumessen scheint, so möchte dies darauf beruhen, dass die Statistik im Fortschritt ihrer Bearbeitung den gehegten Erwartungen nicht ganz entsprochen hat.

Die Verhältnisszahlen der Familie zeigen sich bei der Vergleichung von Ländern, die nach ihren Vegetationsformen zu demselben Gebiet gehören, nicht so übereinstimmend, wie Humboldt vermuthet hatte. Zum Theil liegt dies freilich nur an den Schwierigkeiten, die numerischen Elemente nach einer sichern Methode zu bestimmen. Welche Formen als selbständige Arten aufzufassen seien, ist in vielen Fällen eine nicht zu schlichtende Streitfrage der Systematiker. Von den verschiedenen Erzeugnissen eines Landes lässt sich oft nicht ermitteln, ob sie dessen Centren ursprünglich angehören, oder erst durch spätere Einwanderung einheimisch geworden sind. Anders aber verhält es sich mit denjenigen Anomalien der statistischen Verhältnisszahlen, welche je nach dem verschiedenen Umfange der verglichenen Räume hervortreten, und die nicht blos von der ungleichen Wanderungsfähigkeit der Arten, sondern auch von

der Vertheilung der Formationen abhängig sind. Hier zeigt sich, dass die letztern, dem Klima sich anpassend und einer bestimmten Beschaffenheit des Bodens folgend, einem andern geographischen Massstabe unterworfen sind wie die Verhältnisszahlen der Familien. Es wäre hiernach ein vergebliches Bemühen, die Florengebiete nach statistischen Thatsachen abzugrenzen, und insofern hatte Humboldt recht, die Formationen zu ihrer Charakteristik zu empfehlen. Aber wenn die numerischen Elemente von den ursprünglich einheimischen Gewächsen abgeleitet werden, bieten sie das einzige Mittel, die Schöpfungscentren zu vergleichen und in das Geheimniss einzudringen, welches die Entstehung der Organismen verhüllt.

Von den grössern Pflanzenfamilien hat Humboldt die geographische Verbreitung genauer untersucht [1], ihre Verhältnisszahlen in einzelnen Ländern festgestellt und die Isothermen angegeben, unter denen sie vorkommen. Ausführlicher und mit einer ins Einzelne gehenden Genauigkeit wurden die Farrn und die wichtigern monokotyledonischen Gruppen behandelt. [2] Da jedoch seitdem die Zahl der bekannt gewordenen Arten auf das Doppelte und Dreifache, bei den Palmen sogar auf das Fünffache gestiegen ist, so haben diese Arbeiten an Interesse verloren, wenn sie auch als Muster der Behandlung und wegen der darin mitgetheilten Beobachtungen noch immer benutzt werden können. Aehnliche Untersuchungen beziehen sich auf die klimatischen Sphären der Culturgewächse [3], bei denen Humboldt jedoch damals nur die für ihren Anbau erforderliche Mittelwärme und höchstens die Temperatur des Sommers und Winters in Betracht gezogen hat. Im „Naturgemälde der Tropenländer“ [4] waren bereits die Niveaugrenzen der Culturpflanzen, welche er auf seiner Reise bestimmt hatte, angegeben. Eine umfassende Erörterung der Erzeugnisse des Pflanzenbaues im tropischen

[1] Prolegomena, S. 31, und Dictionnaire des sciences naturelles, Bd. 18.
[2] Prolegomena, S. 169—247. — [3] Ebend., S. 156—161.
[4] Naturgemälde, S. 170—175.

Amerika wurde sodann in dem Reisewerk bei geeignetem Anlass niedergelegt. Diese Abschnitte desselben sind eine Fundgrube wichtiger und genauer Nachrichten über den ökonomischen Zustand und die mercantilische Entwickelungsfähigkeit der Länder, die damals noch spanische Colonien waren.

Wenden wir uns nun von den allgemeinen wissenschaftlichen Aufgaben, welche die Geographie der Pflanzen zu behandeln hat, zu den Darstellungen der einzelnen Florengebiete, die Humboldt auf seinen Reisen kennen lernte, so sind seine Forschungen in Venezuela zwar fast die einzigen geblieben, die ihm in voller Ausführlichkeit zu bearbeiten vergönnt war; aber wie er es liebte, den Ueberblick über die Erde, der mit einem Reichthum von Einzelheiten in seinem Geiste lebendig war, seinen Lesern und Zuhörern in vergleichender Beleuchtung vorzuführen, so erstreckten sich seine Schriften und Vorträge stets auf das ganze Gebiet seiner Anschauungen, und es fehlt daher nicht an wohlerwogenen Mittheilungen über die verschiedensten Gegenden der Neuen und Alten Welt. Die berühmte Schilderung der Savannen oder Llanos von Venezuela [1] ist indessen die reifste Frucht seiner Kunst, den Eindruck der Natur anschaulich wiederzugeben, und zugleich jener wissenschaftlichen Analyse, welche den Zusammenhang der Erscheinungen in der physischen und organisirten Schöpfung zu begreifen strebt. Unscheinbar beginnt sie [2] mit der Beschreibung der Vegetation; der Aufzählung der Gräser und Kyllingien, die den Rasen bilden, der Mimosen und andern Stauden, die ihn mit Blüten schmücken; dann folgt, was diese Grasebenen von den Savannen anderer Tropenländer unterscheidet, dass sie von schattigem Baumwuchs beinahe entblösst sind und ausser einer Proteacee (Rhopala) und einer Malpighiacee (Byrsonima) fast nur Gruppen von Fächerpalmen enthalten, die vor den glühenden Sonnenstrahlen keinen Schutz gewähren (namentlich Copernicia tectorum, die

[1] Relation historique, II, 146, 166; III, 4, 31.
[2] Ansichten der Natur, I, 150.

etwa 24 Fuss hoch wird). In der trockenen Jahreszeit, wo die Temperatur des sandigen Bodens bis auf 40° R. stieg, schien alles zu ruhen, das jeder Feuchtigkeit beraubte Erdreich begann sich zu spalten, das Pflanzenleben stand still wie in einer Wüste, die Reptilien hielten ihren Winterschlaf, nur an den Flüssen erhielt sich das frische Laub der Mauritiuspalme. Mit dem eintretenden Regen aber erwacht die Kraft der Organismen aufs neue, plötzlich erscheint die Ebene im lebhaftesten Frühlingsgrün ihres Grasrasens. Dem Anbau des Bodens steht hier die Seltenheit der Flüsse und die ebene Oberfläche entgegen, wodurch die künstliche Bewässerung gehindert wird, sodann die geringe Dicke der Humusschicht, die sich nicht durch den Laubfall von Holzgewächsen erneuern kann. Die Dürre wird gesteigert durch die sandige Erdkrume, durch die Sonnenstrahlen, die den schattenlosen Boden erhitzen. Die Gräser erschöpfen ihn an Nahrungsstoffen. Endlich wird der Blick auf die Entstehung solcher Steppen und Wüsten gerichtet, die durch ihre unermessliche Ausdehnung und die geselligen Pflanzen, die sie bedecken, dem Wechsel der Vegetation auch im Laufe der Zeit einen unbezwinglichen Widerstand leisten müssen.

Nicht minder vielseitig ist die Darstellung der Hylaea, jenes ununterbrochenen grossen Waldgebiets [1], welches vom obern Orenoco zum Amazonas über den Aequator sich erstreckt und die Llanos von den Savannen Brasiliens trennt. Dies war die erste anschauliche Schilderung des südamerikanischen Urwaldes, an welche seitdem sich die Vorstellung von der höchsten Ueppigkeit des Pflanzenlebens geknüpft hat. Anfangs noch von Savannen unterbrochen, wurde der Baumwuchs immer dichter und undurchdringlicher [2], je mehr sich Humboldt, den Orenoco hinauffahrend, dem Amazonenstrom näherte. Die Ursache dieses Uebergangs einer Flora in die andere erkennt er in der Vertheilung und steigenden Menge der Niederschläge. Sobald er

[1] Ideen, S. 4.
[2] Relation historique, II, 669.

über den 3. Parallelkreis nördlicher Breite hinaus in das Aequatorialklima eingetreten war, hatte er nur selten Gelegenheit, die Sonne oder Sterne zu beobachten.[1] Denn der Himmel ist beständig bedeckt und es regnet fast das ganze Jahr. Zu Atures, unter dem 6. Breitengrade, entwirft Humboldt die Schilderung des Vegetationscharakters.[2] Die vorherrschenden Bäume gehören zur Mimosen- und Lorberform (Mimoseen, Laurineen, Feigenbäume), zwischen ihnen erscheinen Gruppen von Palmen, von Bambusen und das breite glänzende Laub der Musaceen (Heliconia). Die alten Bäume sind mit epiphytischen Orchideen, Piperaceen und Aroideen bekleidet und geschmückt mit den Blüten der Lianen, der Malpiphiaceen und Bignoniaceen, die an ihnen emporranken; ein einzelner Stamm trägt bis zu den Moosen herab mehr verschiedene Pflanzenformen, als in der gemässigten Zone auf einem grossen Raum zerstreut wachsen. Unter allen Bildungen der Vegetation aber werden die hochstämmigen Palmen als diejenigen vorangestellt, deren Schönheit den mächtigsten Eindruck mache. Die Wälder am Casiquiare (1° nördl. Br.) unterscheidet Humboldt dadurch, dass näher am Aequator die Lorberform ausser durch Laurineen auch durch Guttiferen und Sapoteen stärker vertreten wird.[3]

Die Anordnung der Vegetation auf den Anden schildert er nicht blos nach ihren Höhengrenzen, sondern er weist zugleich nach, wie sehr sie von der plastischen Bildung des Reliefs abhängig sei. Die Unterbrechung der Hebungslinien im Isthmus von Panama, welche die Gebirgspflanzen nicht überschreiten, bewirkt, dass die Flora Mexicos von den südamerikanischen Anden völlig ausgeschlossen bleibt. Grösser ist die Uebereinstimmung, welche zwischen Neugranada und der Küstenkette von Venezuela besteht, weil dieselbe als eine vom Gebirgsknoten an den Magdalenaquellen ausgehende Verzweigung der

[1] Relation historique, II, 417.
[2] Ebend., II, 315.
[3] Ebend., II, 496.

Anden mit diesen in orographischer Verbindung steht.[1] Im Hochlande Mexicos, der gegen 6000 Fuss hohen Gebirgsebene Anahuac, treten die Eichen- und Tannenwälder auf, welche der Physiognomie der Landschaft einen Charakter verleihen, der der gemässigten Zone anzugehören scheint und in gleicher Berghöhe innerhalb der Wendekreise nirgends wiederkehrt.[2] Hier wachsen hohe Bäume an feuchten Bergabhängen noch in einem Niveau (12000 Fuss), welches unter dem Aequator nur Stämme von kaum 15 Fuss hervorzubringen vermag.[3] Ein Theil der mexicanischen Hochfläche ist indessen baumlos und pflanzenarm, vermöge des Mangels an Bewässerung erinnert derselbe an die öden, unfruchtbaren Ebenen Castiliens[4], und wo die Flüsse versiegen, entstehen Salzsteppen wie in Tibet. In Mexico wie in Peru verbreitet die Annäherung der Gebirge an die Küste, deren Wasserdampf sie niederschlagen, Dürre über die benachbarten Ebenen, denen sie vorliegen. Aber während dort sich das Hochland fast ununterbrochen vom Mexicanischen Meerbusen bis zum Stillen Ocean erstreckt[5], hat keine der hochgelegenen Flächen, die in den Anden Südamerikas von Neugranada bis Peru vorkommen, eine Grösse von mehr als 15 Quadratmeilen; durch tiefe und grosse Thäler getrennt, treten hier die Regionen der Vegetation zwischen den inselförmig hervorragenden Bergkuppen in weit schroffern Gegensätzen zusammen. Ihnen ist die Vegetation der Paramos[6] eigen, auf denen im Niveau von 10000—13000 Fuss ein rauhes, nebelreiches Klima herrscht, dessen Schlossen und Schneegestöber wohlthätig die Pflanzen tränken, während doch der Dampfgehalt der Atmosphäre zu gering ist, um höhern Baumwuchs zuzulassen.

---

[1] Ansichten der Natur, I, 40.
[2] Ideen, S. 4, 5.
[3] Naturgemälde, S. 82.
[4] Essai politique, a. a. O., II, 60—64.
[5] Ebend., II, 42—44.
[6] Prolegomena, S. 104; Ansichten der Natur, I, 131.

Die Entdeckung des kalten, von hohen Breiten aus die Küsten von Chile und Peru bespülenden Meeresstroms, welcher nach Humboldt benannt worden ist, gab ihm Aufschluss über die wüste Beschaffenheit der Umgegend von Lima, wo die Wirkung der Sonnenstrahlen durch Nebelbildungen gehemmt wird[1] und übrigens keine Niederschläge oder Verdichtungen des Wasserdampfs stattfinden. Mit den Meeresströmungen im Atlantischen Meere steht ferner die Lage der beiden grossen Fucusbänke der Sargassosee in Beziehung, deren Bildung Humboldt beschrieben und deren Umfang er genauer bestimmt hat.[2]

Sehen wir in allen der Pflanzengeographie gewidmeten Untersuchungen, von denen in dem Bisherigen ein Abriss zu geben versucht wurde, Humboldt als selbständigen Forscher, der seinen Beobachtungen das Gepräge seines das ganze Naturleben überschauenden Geistes zu geben wusste, so hat er auf andern Gebieten der Botanik weniger unmittelbar, aber doch ebenfalls bedeutend auf seine Zeit eingewirkt. Als ein Kenner der systematischen und physiologischen Pflanzenkunde war er schon frühzeitig und vor seiner amerikanischen Reise literarisch hervorgetreten.[3] Indessen hat die Schrift über die Flora von Freiberg, in welcher die Lichenen und Pilze beschrieben werden, die er daselbst beobachtet hatte (nur 258 Arten), den Charakter einer Jugendarbeit. Die neuen Formen, die er in den Gruben des dortigen Bergbaues entdeckt zu haben glaubte und die ihn hauptsächlich zur Bearbeitung eines solchen systematischen Werks veraulassten, waren keine selbständigen Pflanzenarten, sondern nur Hemmungsgebilde von Pilzen, die an unterirdischen Standorten sich nicht vollständig entwickeln und gleichsam im

---

[1] Ansichten der Natur, I, 155.
[2] Relation historique, I, 202; Ansichten der Natur, I, 83.
[3] Florae Fribergensis specimen, 1793.

Larvenzustande verharren. Immerhin ergibt sich aus diesen Beobachtungen, dass die Keime, die von aussen in diese dunkeln Räume gerathen, bald zu Fäden auswachsen, welche, einem Mycelium entsprechend, je nach der Art, von der sie abstammen, verschieden gefärbt sind (Byssus), bald ihre vegetative Entfaltung vollenden, jedoch ohne in allen Fällen selbst wieder Fructificationsorgane zu erzeugen. So erwies sich ein Gewächs, welches Humboldt für eine neue Gattung (Ceratophora) hielt, nur als ein unfruchtbar gebliebener Boletus.

Zu dieser Zeit beschäftigte sich Humboldt auch mit physiologischen Forschungen über die Chemie der Ernährung und hat seinem Werke über die Freiberger Zellenpflanzen eine Abhandlung [1] hinzugefügt, welche die damals gewonnenen Ansichten über die Erscheinungen der Organisation nach umfassenden literarischen Quellen zusammenstellt, und die ihm als Vorarbeit zu seinen Versuchen über die animalischen Lebensäusserungen [2] dienen konnte. Eigene Beobachtungen in den freiberger Bergwerken führten Humboldt zu der von anderer Seite bestrittenen Meinung, dass die vom Lichte abhängige Erzeugung des grünen Farbestoffs in den Pflanzen unter gewissen Umständen auch in dunkeln Räumen stattfinden könne. Zum Theil erklären sich die von ihm angeführten Thatsachen [3] daraus, dass die Beleuchtung durch Grubenlampen zum Ergrünen bleicher Organe genügt, wogegen andere Angaben auch auf dem heutigen Standpunkt der Forschung sich nicht wol erklären lassen und, wenn sie nicht noch eine unerwartete Bestätigung finden sollten, als irrthümlich gelten müssen.

Konnte Humboldt auf diesen Gebieten, die so rasch durch andere Naturforscher umgestaltet wurden, sich nur wenig befriedigt fühlen, so verliess ihn doch seine Neigung zur syste-

[1] Aphorismi ex doctrina physiologiae chemicae plantarum, 1793.

[2] Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser, nebst Vermuthungen über den chemischen Process des Lebens, 1797.

[3] Aphorismi, S. 179—182.

matischen Botanik nicht, und als Sammler entwickelte er auf seiner amerikanischen Reise eine unermüdliche Thätigkeit. Hierdurch wuchsen die zu späterer Untersuchung aufbewahrten Documente zu einem Umfange, wie von keinem Reisenden vor ihm jemals erreicht worden war. Es lässt sich nun zwar nicht unterscheiden, wieviel von den Erfolgen seinem Begleiter Bonpland oder ihm selbst zuzuschreiben ist, aber beide arbeiteten stets gemeinsam, und es darf angenommen werden, dass in ihrer vereinten Betriebsamkeit, Pflanzen einzusammeln, keiner dem andern nachstand.

Der wissenschaftliche Erwerb eines botanischen Reisenden beruht auf der Sachkenntniss, mit welcher ausgerüstet er das Bedeutende und Neue von den unwichtigen und schon bekannten Erzeugnissen eines Landes zu unterscheiden weiss, dann aber in noch höherm Grade auf der in der Stille der Museen nach der Heimkehr vorzunehmenden Untersuchung und Bearbeitung der gesammelten Materialien. Diese Aufgabe in ihrem vollen Umfange würdigend, hat Humboldt es erreicht, dass der Wissenschaft von seinen so mannichfaltigen Entdeckungen und Beobachtungen nichts verloren ging; indem er mit seltener Energie und Umsicht die bedeutenden Schwierigkeiten zu beseitigen verstand, die sich ihm anfangs entgegenstellten, sind die grossen und reichlich mit trefflichen Kupfertafeln ausgestatteten Pflanzenwerke, welche er in Paris herausgab, das einzige Beispiel in der botanischen Literatur geblieben, dass eine Ausbeute von solchem Umfange vollständig und in einem Guss zur Bereicherung der Systematik gedient hat. Dieser Erfolg ist um so mehr anzuerkennen, als ein gewisser Unstern über den naturhistorischen Sammlungen und ihrer Bearbeitung zu walten schien. Ein beträchtlicher Theil, der indessen nur Duplikate enthielt, ging gleich anfangs zur See verloren. Nach der Heimkehr wurde nicht zum Vortheil ihrer Benutzung die botanische Sammlung in drei Herbarien zerlegt, von denen das eine Bonpland zufiel, der in der Folge mit seinem Antheil nach Amerika zurückging. Die beiden andern übergab Humboldt dem pariser

Museum und dem Botaniker Kunth. Noch gegenwärtig ist, was aus des letztern Nachlass in den Besitz des preussischen Staats überging, das werthvollste Denkmal von jenen Leistungen.

Den Umfang seiner botanischen Sammlungen aus dem tropischen Amerika schätzte Humboldt auf 6000 Arten, von denen mehr als die Hälfte damals noch unbeschrieben war. Man kann die Bedeutung dieser Entdeckungen ermessen, wenn man sich erinnert, dass in der Mitte des vorigen Jahrhunderts überhaupt kaum 8000 Gewächse bekannt waren. Erst nach Humboldt's Reise sind einigemal in Brasilien und im Capland Sammlungen von noch etwas grösserm Umfang als die seinigen zusammengebracht worden, aber durch Botaniker von Fach, die keine andern Zwecke verfolgten, während seine Thätigkeit alle Zweige der Naturwissenschaft und Geographie umfasste und er doch ausser der Hülfe Bonpland's nur auf sich selbst angewiesen war. Endlich ist noch in Betracht zu ziehen, dass im Anfang der Reise vieles, was mit Mühe gesammelt war, durch das feuchte Klima von Venezuela beschädigt und eingebüsst wurde.

Humboldt selbst verdankt man die genauen Angaben über die geographische Verbreitung der gesammelten Pflanzen; die systematische Bearbeitung wurde andern übertragen. Nachdem der Versuch, Willdenow in Berlin zu diesen umfassenden Untersuchungen zu bestimmen, mislungen war, sollte Bonpland in Paris dieselben übernehmen und hat auch mit Hülfe der dortigen Botaniker in der That vier Bände vollendet.[1] Allein er zeigte sich einer Aufgabe nicht gewachsen, welcher die höchste Vollendung botanischer Analyse gegeben werden sollte. Eine Aeusserung R. Brown's, dass in den die Melastomen und Rhexien darstellenden Bänden von Bonpland's Kupferwerk keine einzige wirklich diesen Gattungen Asiens und Nordamerikas angehörende Art enthalten sei, die im tropischen Amerika überhaupt gar nicht vorkommen, soll Humboldt's Vertrauen erschüttert haben, dass

[1] Plantes équinoxiales (2 Bde., 1805—18); Monographie des Melastomacées (2 Bde., 1816—23).

Bonpland die Fähigkeit besitze, den fortschreitenden Ansprüchen seiner Zeit zu genügen. Inzwischen hatte er in Kunth eine jüngere Kraft gewonnen, die völlig geeignet war, das grosse Unternehmen erfolgreich durchzuführen. Dieser Botaniker, der alle Hülfsmittel, die Paris bietet, zu benutzen wusste, hat das Werk in elf Jahren grösstentheils zum Abschluss gebracht. Etwa 4000 von ihm untersuchte Arten wurden zuletzt, nach den Floren geordnet, übersichtlich zusammengestellt; am grössten war die Ausbeute in Neugranada und Mexico gewesen, jedes dieser Länder hatte gegen 1000 Formen geliefert. Die sieben starken Bände [1], in welchen die meisten Familien methodisch abgehandelt sind, haben durch die sorgfältige Ausführlichkeit der Beschreibungen und durch das tiefe Verständniss des natürlichen Pflanzensystems, welches dadurch wesentlich weiter ausgebildet wurde, Kunth's Ruhm in der Geschichte der Botanik für alle Zeiten begründet. Abgesondert erschienen ein Kupferwerk über Leguminosen [2] und zehn Jahre später seine Monographie der Gramineen [3], die in zwei Foliobänden durch die künstlersich vollendeten Zeichnungen von Madame Delile einen besondern Schmuck erhielt. William Hooker hatte schon früher die Bearbeitung der Zellenpflanzen übernommen und darüber eine besondere Schrift herausgegeben. [4]

Wie haben wir es nun zu beurtheilen, dass Humboldt, dessen wissenschaftliche Thätigkeit doch mit Schriften aus dem Gebiete der systematischen und physiologischen Botanik begann, sich späterhin Beschäftigungen dieser Art wie entfremdet zeigt, die Freude an der Untersuchung der Schätze, die er mit so viel Anstrengung und Liebe gesammelt, andern überlässt und nur dafür sorgt, dass der volle Gewinn aus ihnen gezogen wird? Unstreitig haben ihn die theils universalen theils praktischen

---

[1] Nova genera et species plantarum (7 Bde., 1815—25).
[2] Mimoses et antres plantes Légumineuses (1819).
[3] Distribution méthodique de la famille des Graminées, (2 Bde., 1835).
[4] Plantae cryptogamicae, quas collegerunt Humboldt et Bonpland (1816).

Richtungen, welche durch seine amerikanische Reise geweckt wurden, von der Untersuchung einzelner Naturkörper abgezogen. Ihm hatte schon damals die Natur die Gestalt des Kosmos angenommen, einer Mechanik, deren Plan ihn mehr anzog als das Studium der einzelnen Glieder, als die Organe, die sie in Gang erhalten, die aber auch durch andere ersetzt werden können. In seiner individuellen Entwickelung bewährt sich auch hier der Umschwung, der in der Bearbeitung der Naturgeschichte eingetreten war. Vorüber war die Zeit, die Linné beherrscht hatte, wo jede neue Pflanzen- oder Thierform durch die besondere Einrichtung ihres Baues allgemeines Interesse erregte, wo ein Museum, als eine Sammlung von Naturmerkwürdigkeiten, das einzige Arbeitsfeld naturgeschichtlicher Forschung war. Jetzt wollte man bei der Vergleichung der Organismen die Ideen in sich aufnehmen, die man bei ihrer Schöpfung voraussetzte, um das Recht ihres Daseins zu begreifen. Der Schauplatz der Erscheinungen lag nun nicht mehr blos in ihren Formen, sondern in ihrer natürlichen Anordnung. Die Landschaft mit dem Ausdruck, zu dem Klima, Relief und Vegetation zusammenwirken, erhielt die Bedeutung eines Kunstwerks, welches den reisenden Naturforscher in die Ferne zieht. Wie nach der alten Ueberlieferung der Geist Gottes auf dem Wasser schwebt und alles Irdische gestaltet, so ist auch im Menschen der Trieb lebendig, in seinem Mikrokosmos die schöpferischen Gedanken abzuspiegeln, welche der sinnlichen Welt Mass und Ziel setzten. Wer möchte unterscheiden, was Humboldt in diesem Streben seinen Zeitgenossen verdankt und wie er selbst dasselbe erst hervorrief. Aber eigenthümlich ist ihm die künstlerische Anlage, durch das malerische Gefüge seiner Sprache die Eindrücke wiederzugeben, die er vom Naturleben empfangen hatte; und mit der Ausübung dieses Talents musste die Neigung wachsen, von der zergliedernden zu der zusammenfassenden Darstellung überzugehen. Seine Ansichten hat er nicht allein durch seine schriftlichen Werke verbreitet, sondern auch im persönlichen Verkehr, nach den verschiedensten Seiten wirkend. War er

doch der erste Naturforscher, der in Deutschland durch Vorträge in allgemein verständlicher Form die Kreise auch derjenigen zu fesseln wusste, die nicht in die Fachwissenschaften eingeweiht waren.

Mit diesem Streben, was sich ihm selbst vom Gebiete des Kosmos erschlossen hatte, zu einem Gemeingut der Bildung zu gestalten, verbindet sich zugleich das Interesse für die Beziehungen der physischen Welt zu den Aufgaben der Civilisation. Je länger Humboldt in den tropischen Ländern verweilte, wo die Natur gleichsam übermächtig für sich besteht und die Cultur spröde zurückzuweisen scheint, desto lebhafter fühlte er sich angeregt, ihre Entwickelungsfähigkeit in der Zukunft nachzuweisen. Die Humanität, die sein ganzes Wesen durchdrang, konnte er hier in seiner Weise zur Geltung bringen. Was von den Erzeugnissen dieser prächtigen Vegetation zum Erwerb und zum Reichthum der Nationen beizutragen fähig war, hatte für ihn eine grössere Bedeutung als die Schönheit und Zweckmässigkeit ihrer Gestalt. Die zunehmende Beherrschung der Quellen, welche die Natur spendet und aus denen die Blüte der Cultur entspringt, unterscheidet unser Jahrhundert von allen frühern Perioden der Geschichte. Von diesem eben nach der amerikanischen Reise hervortretenden Interesse für die natürlichen Hülfsquellen des Wohlstandes ist es ein Beweis, dass Humboldt das statistische Werk über Mexico sogar früher bearbeitete (1808) als die Reisebeschreibung selbst, in welcher die naturwissenschaftlichen Beobachtungen überwiegen, aber doch, so oft sich dazu Gelegenheit bot, ihre Bedeutung für die menschliche Gesellschaft berührt wird. So lebte er drei Menschenalter hindurch im Sinne seiner Zeit, deren Bestrebungen er in mehrfacher Richtung wissenschaftlich vertrat, der er aber zugleich als eine durchaus selbständige Natur den Stempel seines Geistes aufgedrückt hat.

7.

Zoologie und vergleichende Anatomie.

Von

J. Victor Carus.

Es würde ungerecht sein, wollte man Humboldt in Bezug auf das, was er in Zoologie und vergleichender Anatomie geleistet hat, wie einen Zoologen von Fach beurtheilen. Einer Darstellung dieser Seite seiner Thätigkeit musste dies vorausgeschickt werden, da bei aller Anregung, welche auch die genannten Zweige der Naturwissenschaft durch ihn erhalten haben, Humboldt's positive Leistungen in denselben sehr gegen die Bereicherungen zurückstehen, welche ihm die wissenschaftliche Naturbetrachtung im allgemeinen wie nach besondern andern Richtungen hin verdankt. Er sagt zwar erst später, im „Kosmos“ (III, 9), „das Grundprincip dieses Werkes sei in dem Streben enthalten, die Welterscheinungen als ein Naturganzes aufzufassen“, oder (I, 31) es enthalte „die denkende Betrachtung der durch Empirie gegebenen Erscheinungen als eines Naturganzen“; doch geht derselbe Zug schon durch seine frühern Arbeiten. Anmuthend ist das Geständniss, dass er von je die Botanik „leidenschaftlich“ geliebt habe; er fügt hinzu: „und einige Theile der Zoologie“. Aber trotz dieser ausgesprochenen, freilich nur theilweisen Neigung fühlt er sich doch gedrungen zu erklären,

dass ihn die Verkettung der Thatsachen mehr anziehe als die Kenntniss isolirter Thatsachen.[1] So ist denn auch, sowol in seinen „Reisen", als in seinen „Ansichten der Natur", der Totaleindruck, welchen die Thierwelt theils in ästhetischer Beziehung, theils rücksichtlich der geographischen Verschiedenheit macht, der vorwiegend geschilderte. Und selbst in der Schilderung seiner ersten grossen Reise fällt es auf, dass die Sorge um das Detail während derselben mehr oder weniger seinem Reisegenossen überlassen blieb. Wie Humboldt öfter erzählt, mit welcher Aufopferung und Sorgfalt Bonpland das Einlegen und Trocknen der Pflanzen besorgt habe, so war es auch Bonpland, welcher die Insekten gesammelt hatte, die aber leider in dem Schiffbruch an der afrikanischen Küste mit ihrem Begleiter verloren gingen. Dasselbe gilt von andern Theilen seiner Sammlungen. Auch spricht er einmal sein Bedauern aus, dass er wegen der Feuchtigkeit des Klimas und des öftern Fallens der Lastthiere weder eilig zubereitete Thierhäute noch Fische und Reptilien in Spiritus mitführen könne.[2] Es bleiben also wesentlich die von Humboldt an Ort und Stelle gemachten Schilderungen und Zeichnungen. Sind auch diese, soweit sie Humboldt selbst wissenschaftlich zu verwerthen versucht hat, zoologisch nicht gar zu reich, sagt er selbst, dass sich z. B. nur wenig ichthyologische Notizen in seinem Journal finden[3], so wird es sich doch zeigen, dass auch dem Thierleben gegenüber Humboldt eine grosse Meisterschaft der Gesammtbeobachtung gezeigt hat. Dieselbe wirkt freilich mehr allgemein anregend, als durch Einzelnheiten überzeugend und fördernd, hat aber sicherlich zur Erhöhung des Standpunktes bei Beurtheilung der Thierwelt im ganzen nicht unbedeutend beigetragen.

Erschienen die einzelnen Thierformen Humboldt wesentlich als Theile des ganzen Naturgemäldes, so mussten sich zunächst

[1] Relation historique, I, 3.
[2] Ebend., S. 10.
[3] Recueil d'observ. de Zool., II, 152.

seine Betrachtungen vorzüglich auf das Auftreten verschiedener Formen an verschiedenen Orten richten. Die Untersuchung des Thieres selbst trat verhältnissmässig sehr zurück. In Bezug auf anatomische Untersuchungen gesteht er geradezu ein, dass Bonpland viel bewanderter in dergleichen Arbeiten sei als er.[1] Zu den von ihm ausgeführten Untersuchungen bestimmten ihn viel mehr äussere Gründe als das Streben, Formen- oder Organisationsgesetze zu finden. Wie die Verschiedenheiten der Arten nicht überall mit gleicher Schärfe von ihm aufgefasst wurden, so trat ihm auch die Frage nach der Entstehung bestimmter Formen nur auf Umwegen nahe, beispielsweise da, wo sich fossile Thiere an Orten fanden, deren jetziges Klima mit der Organisation jener nicht übereinzustimmen schien. Cuvier und Lamarck begannen erst während Humboldt's amerikanischer Reise das Thiersystem durch Aufstellung der Organisationstypen weiter auszubauen. Ihm genügten zur Klassenbezeichnung noch die Linné'schen oder populären Ausdrücke. Eingehender als die Form beobachtete er die Lebensweise der Thiere. Vorzugsweise fesselten ihn solche Einzelnheiten des Thierlebens, welche theils mit allgemeinen physikalischen Erscheinungen zusammenhingen oder direct aus solchen zu erklären waren, theils zur Entwickelung der Cultur wie überhaupt zur Verbreitung des Menschen und damit zur Aenderung oder Modification des allgemeinen Landschaftsbildes in Bezug standen. Gerade hierdurch aber gewinnen seine Darstellungen betreffender Züge aus der Lebensgeschichte der tropischen Thierwelt etwas ungemein Anziehendes, wenn sie auch freilich die seit dem Anfang dieses Jahrhunderts vorzugsweise an die Zoologen herantretenden Aufgaben nur mittelbar berühren. Es ist aber der Einfluss auch solcher Schilderungen nicht zu unterschätzen. Namentlich haben sie dazu beigetragen, manche sonst wol unbemerkt gelassene Einzelnheit zum wissenschaftlichen Allgemeingut zu machen und dadurch den allgemeinen Ideenkreis zu erweitern.

[1] Recueil d'observ. de Zool., I, 8.

Bezeichnend für Humboldt's weitere Auffassung ist es, dass er schon da, wo er die Pflanzen- und Thiergeographie als neu zu gründende oder weiter auszubauende Wissenschaften anführt, (in seiner „Unterirdischen Flora Freibergs")[1], dieselben doch nur als Theile einer allgemeinen, von ihm Geognosie genannten Wissenschaft der Erde bezeichnet. „Diese betrachtet", sagt er, „gleichzeitig die organischen und unorganischen Körper. Sie besteht daher aus drei Theilen: der oryktologischen Geographie, der zoologischen, welche Zimmermann gegründet hat[2], und der Pflanzengeographie, welche von den Zeitgenossen unberührt gelassen wurde." Bei Untersuchung der geographischen Verbreitung der Thiere unterscheidet er die Vertheilung der Thiere nach Verschiedenheit der geographischen Lage ihres Wohnorts auf dem Erdboden und das Vorkommen der Thiere in verschiedenen Höhen bergiger Länder einer und derselben Zone. Die erstere Seite der Betrachtung erscheint zwar in Humboldt's Schriften allgemein mehr unter der Form eines weitern Beweismaterials für meteorologische Angaben, hat ihn aber doch wiederholt auf die Frage geführt, ob etwa die Entwickelung der thierischen Form in irgendwelcher Verbindung mit dem Klima u. s. f. stehe. Er spricht sich wol einmal dahin aus, dass „die Ursachen, welche eine jede Art auf mehr oder weniger enge Grenzen beschränkt haben, von jenem undurchdringlichen Schleier bedeckt seien, welcher alles, was zum Ursprung der Dinge bis zur ersten Entwickelung der organischen Wesen in Bezug stehe, vor unsern Augen verberge".[3] Wie er aber von der Geographie der Pflanzen sagt, sie „untersuche, ob man unter den zahllosen

[1] Flora Friberg. subterran. (1793), S. IX, Anm.

[2] Merkwürdig ist es, dass Humboldt beim ausführlichen Citiren obiger Stelle aus seiner eigenen Schrift im „Kosmos", I, 486, hinter „Zimmermann" die Worte einschaltet „et Treviranus", ohne sie als neuen Zusatz zu bezeichnen. Treviranus war aber bei Abfassung jener Schrift erst 16 Jahre alt.

[3] Recueil d'observ. de Zool., II, 150. — Ansichten der Natur (3. Aufl.), II, 138.

Gewächsen der Erde gewisse Urformen entdecken oder ob man die specifische Verschiedenheit als Wirkung der Ausartung und als Abweichung von einem Prototypus betrachten kann", so scheinen, nach seiner Ansicht, bei den Landthieren vorzüglich Temperaturverhältnisse, von den Breitengraden abhängig, die organische Entwickelung wesentlich begünstigt zu haben. Die Idee von solchen Urformen verfolgt er in Bezug auf die Thiere nicht weiter. „Die kleine und schlanke Form unserer Eidechse dehnt sich im Süden zu dem kolossalen, schwerfälligen, gepanzerten Körper furchtbarer Krokodile aus. In den ungeheuern Katzen von Afrika und Amerika, im Tiger, im Löwen und Jaguar, ist die Gestalt eines unserer kleinsten Hausthiere nach einem grössern Massstabe wiederholt." [1] Humboldt hat nun diese horizontale Verbreitung der Thiere in verschiedenen Breiten nicht zum Gegenstand einer systematisch abgeschlossenen Arbeit oder auch nur übersichtlich abgerundeten Skizze gemacht. Es gehören indessen mehrere seiner vorzüglichsten landschaftlichen Schilderungen hierher, welche man von dieser Seite aus als Darstellungen der zoologischen Physiognomik bestimmter Gegenden bezeichnen kann. Ausser gar manchen Stellen in der Schilderung seiner amerikanischen Reise sei hier nur noch an die Bilder erinnert, welche Humboldt vom Thierleben in den südamerikanischen Steppen gibt, von der Verschiedenheit desselben zur Zeit der Dürre und zur Regenzeit, an die Beschreibung des nächtlichen Thierlebens im Urwalde [2] u. s. f. Diese Abschnitte enthalten allerdings im strengen Wortsinne keine Angaben über die geographische Verbreitung gewisser Thierarten, dafür aber bedeutungsvolle Züge über den Antheil, welchen einzelne Thierformen an dem Entstehen bestimmter geographischer Bilder nehmen.

[1] Ideen zu einer Geographie der Pflanzen, S. 10, und Ansichten der Natur, II, 24.

[2] Ansichten der Natur, I, 22—32, 317—337.

Fast noch bedeutender als diese durch die Schönheit ihrer Darstellung berühmt gewordenen Schilderungen sind die Beobachtungen über die geographische Verbreituug der Thiere, welche Humboldt während seiner Reise in Asien gesammelt hat. Es kamen ihm dabei nicht blos die eingehendsten Untersuchungen über die Reliefverhältnisse und Stromläufe dieses Continents zu statten, auch von anderer Seite her erschienen einige merkwürdige Thatsachen in einem mancherlei Aufschlüsse versprechenden Lichte. Die Annahme eines vermuthlich früher bestandenen Zusammenhangs des Kaspischen Sees mit dem Meere findet in der eigenthümlichen Fauna und Flora dieses Binnengewässers eine unzweideutige Bestätigung. „Man findet darin Schlangensaurier, Emysschildkröten, einen eidechsenartigen Saurier, ähnlich einem Monitor, und 4—4½ Fuss lange Krebse, neben wahrhaft oceanischen Typen, wie Squillen, Arten von Syngnathus und Gobius, Cerithien und einige Algen aus der Familie der Ceramineen und Florideen.“ [1] Es kommen aber auch Robben in ihm vor, und diese finden sich ausser hier noch im Aral- und Baikalsee; ja, Pallas hat nachgewiesen, dass sie auch in dem kleinen Oronsee von nur wenig Meilen Umfang vorkommen, welcher mit einem Nebenflusse der Lena, dem Witim, in Verbindung steht. Humboldt sieht daher die mongolische und chinesische Tradition von den Spuren eines grossen Bittersees im Innern von Nordasien unterstützt durch das isolirte Vorkommen der Robben in jenen kleinen Becken und durch den Streifen von Meeresthieren durch ganz Asien, von der Wolga bis zur Lena. [2]

Häufig werden in nördlichen Klimaten Thiere und Pflanzen eines entschieden südlichen Charakters fossil gefunden. Leicht bietet sich solchen Funden gegenüber die Hypothese von einem Wechsel des Klimas als Erklärung einer sonst auffallenden Erscheinung dar. Humboldt lenkt, um vor einer zu frühen Beruhigung bei solchen Erklärungsversuchen zu warnen, die Auf-

[1] Centralasien, übers. von Mahlmann, I, 460.
[2] Ebend., I, 524—525, Anm.

merksamkeit auf einige weitere Thatsachen der geographischen Verbreitung gewisser Thiere, so auf das südliche Vorkommen von Kolibris, dem Jaguar und Puma. Das interessanteste Factum dieser Art, welches auch noch neuerdings wiederholt bestätigt und von J. Fr. Brandt ausführlich behandelt worden ist, bietet das nördliche Vorkommen des Tigers dar. Derselbe kommt von Indien und Ceylon bis nach Sibirien, bis zu den Breiten von Berlin und Hamburg bei Barnaul und dem Schlangenberg vor, sodass sich die beiden nordischen Formen, das Elenn und das Renthier, sehr wohl mit dem Tiger begegnen und alle drei Formen ihre Skelette nahe beieinander spätern Perioden überliefern können.[1]

Der Einfluss der geographischen Lage einer Gegend erstreckt sich aber nicht blos auf das Vorkommen gewisser Thiere. Es wirkt dieses Moment, allerdings wol meist in Verbindung mit dem Zusammenleben mit andern Formen und Aehnlichem, auch auf die Sitten der Thiere. Es fiel Humboldt auf, dass auf der Rhede von La Guayra die Neger und freien Mulatten bis zu Brusthöhe das Wasser mit ihren Cacaolasten durchwaten können, ohne sich vor den dort zahlreichen Haifischen fürchten zu müssen. Dies ungewohnte Benehmen notorischer Raubfische führte ihn auf einige andere Thatsachen ähnlicher Art. So sind Affen einer bestimmten Art an einem Orte ihres Vorkommens leichter zu zähmen und abzurichten als an andern; so sind Krokodile an manchen Orten feig und fliehen den Menschen, während dieselben, der nämlichen Art angehörig, an andern Orten den Menschen mit Unerschrockenheit und Muth angreifen.[2] Endlich ist als eine mit der Wirkung des Klimas wenigstens zum Theil zusammenhängende Thatsache die Vermehrung von Thieren zu erwähnen, welche, aus der Alten Welt eingeführt, auf dem Neuen Continent verwildert sind. Von den südamerikanischen Steppen sagt Humboldt: „Zahllose Scharen verwilderter Stiere, Pferde

[1] Centralasien, übers. von Mahlmann, I, 214—215.

[2] Relation histor., I, 545.

und Maulesel (man schätzte sie zur friedlichen Zeit meiner Reise noch auf anderthalb Millionen Köpfe) schwärmen in der Steppe umher." [1] Es ist dies eine der wenigen Stellen, wo Humboldt dem Kampfe ums Dasein einen entschiedenen Einfluss auf das Auftreten und Fortkommen der Thiere zuschreibt, wenn er fortfährt: „Die ungeheuere Vermehrung dieser Thiere der Alten Welt ist um so bewundernswürdiger, je mannichfaltiger die Gefahren sind, mit denen sie in diesen Erdstrichen zu kämpfen haben." [2]

Die Reihe der bisjetzt angeführten Thatsachen ist fast gänzlich der horizontalen Verbreitung der Thiere auf der Erde entnommen. Ein Land wie das von Humboldt aufmerksam durchwanderte nördliche Südamerika, wo sich in 13000 Fuss Höhe noch Städte finden, wo die allem Leben eine Schranke setzende Schneegrenze höher als der Gipfel des Montblanc liegt, musste aber noch in einer andern Weise die Verschiedenartigkeit des Thierlebens erkennen lassen. Es ist denn auch in der That die Verbreitung der Thiere nach der Höhe ihres Wohnorts das Erste gewesen, was Humboldt's Aufmerksamkeit bei Betrachtung der zoologischen Physiognomik einzelner Gegenden erregte. In der Form einer Skizze entwarf er eine diese Verbreitungsweise darstellende Scala. „Es wäre interessant, in einem Profil die Höhen zu bestimmen, zu welchen sich die Thiere in derselben Zone, aber in Gebirgsländern, erheben." Wie schon aus dem Wortlaut hervorgeht, in welchem er diese Aufgabe ausdrückt, waren es auch hier vorzüglich die meteorologischen Bedingungen, auf welche er, als vorzugsweise das Auftreten einzelner Thierformen bestimmend, das grösste Gewicht legte. Es waren also dort amerikanische Thiere, deren verticale Verbreitung bis zu verschiedenen Höhen er nachwies. Hätte er in

[1] Die Vermehrung der Maulesel im Naturzustande dürfte denn doch zu bezweifeln sein.

[2] Ansichten der Natur, I, 26. Eine andere auf den Kampf ums Dasein bezugnehmende Stelle findet sich ebend., II, 138.

derselben Weise, wie er in Südamerika von der Meeresoberfläche bis zur Schneegrenze das Thierleben vergleichend beobachtete, das Auftreten bestimmter Arten von den Höhen der europäischen Alpen durch die mitteleuropäische Niederung bis zur arktischen Grenze ewigen Schnees untersucht, so würde ihn der Parallelismus dieser Verbreitungsweisen wahrscheinlich auch auf die Uebereinstimmung der Endglieder der sich hier ergebenden Reihen, und damit zur Frage nach einer Erklärung dieser Identität geführt haben. Er sagt zwar einmal, dass sich auch der eisige Norden monatelang „grossblütiger Alpenpflanzen" erfreue. Doch bezeichnet dieser Ausdruck allein den ganzen Habitus der Pflanzen und lässt den Gedanken an eine eigentlichst verwandtschaftliche Beziehung jener zu den Pflanzen der wirklichen Alpen nicht durchblicken. Nach diesen Bemerkungen ist es nicht zu verwundern, dass sich die Schilderung auch dieser Höhenscala des Thierlebens mehr in die Form eines landschaftlichen Gemäldes kleidet, als dass sie die correspondirende horizontale Verbreitung berücksichtigt. Humboldt beginnt aber nicht mit der Meeresoberfläche, sondern verfolgt das Thierleben auch unter diese. „So weit nur immer die Vegetation in und auf dem Erdkörper hat vordringen können, ist thierisches Leben verbreitet."[1] Er gedenkt daher zunächst der in Höhlen und Bergwerken lebenden Thiere, auch hier freilich ohne auf die Verwandtschaft und die mehr oder weniger ihrem Aufenthaltsorte eigenthümlich angepasste Form der betreffenden Thiere noch auf ihre Herkunft einzugehen. Da die ganze Darstellung einen Theil seines „Naturgemäldes der Tropenländer" ausmacht[2], so konnte selbstverständlich auf andere Vorkommnisse nur beiläufig hingewiesen werden. Die Skizze gehört aber zu den charakteristischsten Stücken der Humboldt'schen Auffassungs- und Darstellungsweise.

[1] Ganz ähnlich auch im „Kosmos", I, 372, wo er auch noch die im Eise lebenden Thiere erwähnt.

[2] Ideen u. s. w., S. 163—167.

Einen lebendigen Eindruck verleiht es, dass Humboldt bei dieser Skizze nicht die Abnahme der Wärme an den Bergabhängen, in nackten Zahlen ausgedrückt, der Verschiedenheit der Faunen und der Vertheilung einer bestimmten Thierwelt auf gewisse Höhen zu Grunde legt, sondern bei Schilderung derselben an die jede Temperaturzone charakterisirenden Pflanzenformen anknüpft. Sie rückt dadurch aus der Reihe der trockenen Mittheilungen von Zahlen und an solche sich anlehnenden Thatsachen heraus und wird zu einem Naturbilde, in welchem nun die Thiere nicht mehr eine blos beiläufige Staffage bilden. Die erwähnten Zonen selbst bezeichnet er allerdings nach ihrer Erhebung über die Meeresfläche und drückt diese in Metern, von Tausend zu Tausend abgerundet, aus; aber diese Höhenangaben werden gewissermassen lebendig durch ihre Benennung nach den vorwaltend in ihnen vorkommenden Pflanzen. Ohne auf die Verbreitung der Fische und Wasserthiere überhaupt näher einzugehen als mit ein paar beispielsweise angeführten Formen, beginnt er mit der Region der Palmen und Bananengewächse zwischen der Meeresfläche und 1000 Meter Höhe. Hier „finden sich Riesenschlangen, die grasfressenden Manati und Krokodile, die unbeweglich, wie kolossale Statuen von Erz, mit offenem Rachen am Fusse des Conocarpus ausgestreckt liegen. Dies ist der Wohnplatz des wehrlosen Flussschweins, das, wechselsweise vom Tiger und Krokodil verfolgt, bald im Wasser, bald auf dem Lande Rettung sucht.“ Es darf hier jedoch nicht der nahe liegenden Versuchung nachgegeben werden, noch länger Stellen der mit kurzen Zügen trefflich malenden Schilderung anzuführen. Alouaten und Sapajous, das Faulthier, Papagaien, Tanagras, Hokkos, der amerikanische Löwe, der Jaguar und schwarze Tiger, kleine „indische“ Hirsche, Nabelschweine und Ameisenbären leben in der ersten Zone. Die Luft wimmelt von giftigen Stechfliegen und Mücken; der Oestrus Mutisii legt seine Eier bis in das Muskelfleisch des Menschen; Milben schlitzen die Haut wie einen Acker in parallelen Furchen auf; dazu gesellen sich noch giftige Spinnen, Ameisen und Termiten, deren

gefürchtete Industrie fast alle menschliche Arbeit zerstört. In der Zone der baumartigen Farrukräuter, zwischen 1000 und 2000 Meter Höhe, findet man nicht mehr Krokodile, Riesenschlangen, Manatis und Faulthiere. Tiger und Affen werden selten; desto häufiger sind Heerden von Tapirs und Nabelschweinen sowie der kleine Jaguar (Felis pardalis). Menschen, Affen und Hunde werden vom Minirfloh gepeinigt. In der obern Region der Chinabäume, zwischen 2000 und 3000 Meter, sind gar keine Affen mehr, keine kleinen indischen Hirsche, aber die Tigerkatze (Felis tigrina), Bären und der grosse Hirsch der Andes. Die Menschen werden hier von Läusen heimgesucht. In den kalten Gebirgssteppen (also der Region der Escallonien und der Alpenkräuter) lebt der Puma, der kleine weissstirnige Bär und einige Viverren. Die Grasfluren und die Region der wollblätterigen Espeletien, von 4—5000 Meter, bewohnen die Kamelschafe. Ueber die Schneegrenze hinaus gehen kaum Thiere, wennschon der Condor sich noch höher in die Luft erhebt, und Insekten durch verticale Luftströme bis zu 5652 Meter Höhe hinaufgetrieben gefunden wurden.[1]

Es dürfte von Interesse sein, bevor gezeigt wird, in welcher Weise Humboldt den jetzigen Zustand der geographischen Verbreitung der Thierwelt zu erklären versuchte, noch auf einzelne, besonders durch seine Angaben bekannt gewordene zoogeographische Thatsachen zu verweisen. Unter den Säugethieren waren es die Süsswasser-Delphine des Amazonen- und Orenocogebiets, welche Humboldt zum ersten male, vom Apure und Rio Temi erwähnte. Es ist dies die Inia boliviensis, die er zwar nicht zoologisch beschrieb und benannte, aber in ihrem Vorkommen und ihrer Lebensweise schilderte. Einen eigenthümlichen Fall theilt er von der Verbreitung des Manati mit.

[1] Ueber derartige und ähnliche Verbreitungen durch mechanische Einflüsse s. auch „Ansichten der Natur“, II, 42; über die Höhe, zu der sich der Condor erhebt, s. ausser der später zu erwähnenden Naturgeschichte dieses Vogels die Anmerkung in „Ansichten der Natur“, II, 50.

Während derselbe im Süsswasser eines und desselben Stromgebiets häufig ist, das Meer dagegen vermeidet, fand Humboldt Manatis in der Bai von Xagua mitten im Meere, an einem Orte, wo zahlreiche Süsswasserquellen vom Meeresboden aufsteigen.[1] — An die Mittheilung von der Vermehrung verwilderter europäischer Hunde, welche in den Pampas gesellschaftlich in Gruben leben, knüpft Humboldt eine Darstellung der verschiedenen südamerikanischen Hundeformen, welche aber nicht ganz klar in Bezug auf die specifische Verschiedenheit und Selbständigkeit der beobachteten Formen ist.[2] Es finden sich drei Formen: der stumme, haarlose Hund (nach Tschudi der Canis caraibicus Less.), welcher noch jetzt in Peru, ebenso in Quito häufig ist; dann der einheimische, behaarte Hund, welcher wie der europäische Hund bellt und sich vielfach mit Formen des letztern gekreuzt zu haben scheint (Canis Ingae Tsch.). Nach Humboldt scheint diese Form eine blosse Varietät des Schäferhundes zu sein; er ist kleiner, langhaarig, meist ochergelb, weiss und braun gefleckt, mit aufrecht stehenden, spitzigen Ohren. Dies ist der früher göttlich verehrte und vielfach (von den Spaniern fast bis zur Vertilgung der Art) gegessene Hund. Endlich erwähnt Humboldt noch den mexicanischen Buckelhund, welchen er als noch unvollkommen beschrieben bezeichnet; es ist dies der gewöhnlich Canis familiaris gibbosus genannte Hund. — Was Humboldt von den Hirschen des nördlichen Südamerika mittheilt, zeigt, dass bei diesen Thieren eine strenge Vertheilung auf gewisse Höhen statthat; doch sind auch hier die Bezeichnungen der einzelnen Arten unsicher. Er sagt: „In den Steppen von Caracas schwärmen ganze Heerden des sogenannten Cervus mexicanus umher. Der junge Hirsch ist buntgefleckt, von rehartigem Ansehen. Wir haben, was für eine so heisse Zone auffallend ist, viele ganz weisse Spielarten darunter gefunden. Der Cervus mexicanus steigt in der Andeskette, nahe am Aequator, nicht

[1] Relat. histor., III, 415. — Ansichten der Natur, I, 288.
[2] Ansichten der Natur, I, 134.

über 700 oder 800 Toisen am Gebirgsabhange aufwärts. Aber bis 2000 Toisen Höhe findet sich ein grosser, ebenfalls oft weisser Hirsch, den ich vom europäischen kaum durch ein specifisches Kennzeichen zu unterscheiden wusste." Bei der Schwierigkeit, die mannichfaltigen Formen südamerikanischer Hirsche ohne grösseres Beobachtungsmaterial auseinanderzuhalten, darf diese Unsicherheit nicht überraschen. Der Steppenhirsch, welchen Humboldt in den Llanos von Calabozo sah und unter der Bezeichnuug Matacani aufführt[1], ist nach Prinz Wied und Pucheran der Cervus campestris, während der grosse Andeshirsch Cervus paludosus Desm. (C. dichotomus Ill.) sein soll.[2] Von andern Wiederkäuern erwähnt Humboldt, dass zwei Arten einheimischer Rinder in den Grasfluren Westcanadas wie um die kolossalen Trümmer der Aztekenburg weiden; der südlichen Halbinsel sind dagegen die Vicuñas, Guanacos, Alpacas und Lamas eigenthümlich. Von diesen Kamelschafen leben Vicuñas, Guanacos und Alpaeas noch wild auf Höhen von 13000 bis 16000 Fuss über der Meeresfläche. „Die Alpaca erträgt das wärmere Klima weniger gut als das Lama." In Peru und Quito wird das Lama nirgends mehr im ursprünglichen wilden Zustande gefunden. Die übrigen drei Arten kommen nicht jenseit des 9. Grades südl. Br. nach Norden hin vor.

Verhältnissmässig spärlicher sind die Angaben über die geographische Verbreitung einzelner Vögel. Der bedeutenden senkrechten Erhebung des Condors wurde bereits gedacht. Auch theilt Humboldt mit, dass er mit Verwunderung Kolibriarten bis zur Höhe des Pic von Teneriffa gefunden habe. Der scharfen südlichen Beschränkung der oben erwähnten Tylopoden analog ist nach Humboldt die Thatsache, dass der Strauss von Buenos-Ayres (Rhea americana Lath.) nicht nördlich von der Bergkette von Chiquitos (im östlichen Bolivia, also ungefähr 16 Grad südl. Br.) vorkommt, wo die Waldungen durch Grasfluren unter-

[1] Relat. histor., II, 165.
[2] Isis (1821), 649. Die letztere Angabe ist nicht ganz sicher.

brochen sind und wo dieser Vogel ähnliche Nahrung und ein ähnliches Klima geniessen würde.

Die Angaben Dampier's über die Verbreitung der krokodilartigen Saurier konnte Humboldt durchaus bestätigen und erweitern. In der Campechebucht finden sich nur Alligatoren, an der Insel du grand Cayman nur Krokodile, an der Insel dos Pinos und an den Küsten von Cuba gleichzeitig Alligatoren und Krokodile. Ferner kommen echte Krokodile (Crocodilus acutus) auf den dem Festlande zunächst gelegenen Antillen vor, Trinitad, Marguerita und wahrscheinlich auch, trotz des Mangels an Süsswasser, an Curaçao.[1] Ueberhaupt lenkte Humboldt zuerst die Aufmerksamkeit auf das Vorkommen des Krokodils im Meerwasser. Humboldt hebt ferner den bedeutenden Schlangenreichthum des Neuen Continents hervor. Von den (zu seiner Zeit) bekannten 320 Schlangenarten gehören 115 Amerika an. Ganz besonders reich sind die heissen Zonen. „Um sich eine Idee von der Mannichfaltigkeit der Arten in der heissen Zone zu machen, verglichen mit der gemässigten, genügt es darauf hinzuweisen, dass Russell in Bengalen und an der Küste von Koromandel 43 Schlangen gefunden hat, während in ganz Europa, zweiunddreissigmal so gross als jener District, nur 14 leben."[2] An derselben Stelle gedenkt Humboldt auch des verschiedenen Verhaltens der Schlangen in Bezug auf verticale Verbreitung und sucht dasselbe zu erklären. Schlangen verschwinden in Amerika fast ganz bei 1300—1400 Toisen Höhe, während in Europa und Sibirien Vipern in noch beträchtlicherer Höhe vorkommen. Humboldt erklärt dies dadurch, dass auf dem Alten Continent an den genannten Orten eine hohe Sommertemperatur herrscht und im Winter Schnee liegt, während die mittlere Temperatur der Höhen in den Anden, 200 Toisen unterhalb der Schneegrenze, nachts — 4 Grad, den Tag über nur + 3 bis 9 Grad beträgt. — Auch in Bezug auf die Höhe, in welcher Fische

[1] Relat. histor., III, 464.
[2] Recueil d'observ. de Zool., II, 2, 4.

vorkommen, hat Humboldt interessante Mittheilungen gemacht. Bei einer Höhe von 2600 Toisen ist die Vegetation und Thierwelt des tropischen Südamerika noch sehr reich, nur die Seen und Flüsse sind arm. In den Seen von Mexico (1160 Toisen hoch) leben nur der Axolotl und eine Fischart; ähnlich in den Wässern des Thales von Bogota (1347 Toisen) nur zwei Fische, eine Atherina und der Eremophilus. Doch finden sich in den Anden Fische noch in viel bedeutendern Höhen als z. B. in den Pyrenäen, mit welchen Humboldt nach den Angaben Ramond's jene vergleichen konnte. „Salmo fario (die gemeine Forelle) und Salmo alpinus (die schwarze Forelle) kommen bis zu 1170 Toisen Höhe, bis zum See von Escoubous vor; oberhalb dieses Sees, z. B. im See von Oncet, am Fusse des Pic de Midi (bei 1187 Toisen Höhe) finden sich in 42½ bis 43 Grad nördl. Br. keine Fische mehr." Die letzten Fische an ihrer obern Verbreitungsgrenze in den Anden sind Poecilien, Pimelodus, Eremophilus und Astroblepus bei 1400 und 1600 Toisen Höhe; die Fische verschwinden ganz bei 1800—1900 Toisen Höhe. Pimelodus cyclopum ist der einzige Fisch, den man in Quito über 1400 Toisen Höhe findet. Dass diese Art in noch grösserer Höhe von Vulkanen ausgeworfen wird, beweist nicht, dass sie noch höher lebt (bis 2500 Toisen); sie findet sich vielmehr in unterirdischen Behältern, welche mit dem Auswurfskanal der Vulkane in Zusammenhang stehen oder gelangen.[1]

Von den wirbellosen Thieren haben aus nahe liegenden Gründen die Mosquitos Humboldt's Aufmerksamkeit besonders angeregt. Die geographische Verbreitung derselben hängt nicht allein von der Wärme des Klimas, der Feuchtigkeit oder der Dichte der Wälder ab, sondern auch noch von localen, schwer zu charakterisirenden Umständen. Allgemein lässt sich angeben, dass auf den Plateaux von über 400 Toisen Erhebung, unter einer mittlern Temperatur von 19—20° C., in den sehr trockenen, vom Bett grosser Flüsse entfernten Ebenen, wie z. B. in Cumana

[1] Recueil d'observat. de Zool., I, 17; II, 147.

und Calabozo, nicht mehr Mosquitos sich finden als Mücken in den bewohntesten Theilen Europas. Sie fliehen auch die kältern und chemisch etwas verschieden beschaffenen „schwarzen Wässer, die Aguas negras". In dem Gebiete der Stromschnellen, bei Atures und besonders bei Maypures erreicht die Entwickelung der Mosquitos und die Belästigung durch dieselben ihren Höhepunkt. Am obern Orenoco ist die Luft viel dichter mit Schwärmen dieser Insekten erfüllt als am untern. Mit dem Austrocknen und dem Entholzen der Gegenden, im allgemeinen also mit der langsam zunehmenden Cultur, vermindern sich im Neuen Continent die Mosquitos.[1]

Wie die geographische Verbreitung der Thiere ein specielles, an gewisse Arten und an bestimmte Localitäten sich knüpfendes und ein allgemeines Interesse darbietet, welches letztere, wenn es wirklich mit Rücksicht auf sämmtliche Thierformen bereits verfolgt werden könnte, zur Untersuchung der Gesetzmässigkeit in der an gewissen Punkten der Erdoberfläche sich entwickelnden Summe thierischen Lebens führen würde, so finden sich auch bei Humboldt nach beiden Rücksichten Versuche der Erklärung. Von dem erstgenannten Gesichtspunkte aus hebt Humboldt an verschiedenen Stellen seiner Schriften die Fähigkeit der Thiere zu wandern hervor und betont die Verschiedenheit, welche in dieser Hinsicht zwischen Pflanzen und Thieren besteht. Während die letztern im Ei, also passiv, wandern, erreichen die Thiere erst mit völliger Entwickelung die Fähigkeit, den Ort dauernd zu wechseln. Das auffallende Vorkommen vieler Arten an Orten, welche in der Gesammtheit ihrer Thierwelt jene als Fremdlinge erscheinen lassen, erklärt er daher zutreffend durch Einwanderung vor Eintritt der die jetzige Oberflächengestalt bewirkenden Veränderung der betreffenden Länder. So lässt er z. B. die Affen von Gibraltar vor dem Durchbruch des Mittelländischen Meeres durch die Säulen des Hercules nach

[1] Relation histor., II, 335 fg.

Spanien gelangt sein.[1] In Bezug auf jene weitere Frage, nach den Verbreitungsgesetzen ganzer Gruppen, verschliesst sich Humboldt den Weg zu jeder Erklärungsmöglichkeit auf doppelte Weise. Einmal sind ihm sämmtliche Species gegebene, typisch fest bestimmte Formen, und er schilt diejenigen Träumer, welche z. B. die benachbarten Inseln eigenthümlichen Papagaien als umgewandelte Species betrachten. Und ferner sucht er den Schlüssel zu dem Geheimniss der typischen Fixirung der Arten in numerischen Gesetzen der Familien. Er sagt, die Vertheilung organischer Wesen auf der Erde hänge nicht blos von sehr zusammengesetzten thermischen und klimatischen Verhältnissen ab, sondern auch von geologischen Ursachen, welche uns fast ganz unbekannt bleiben, da sie durch den ursprünglichen Zustand der Erde und durch Katastrophen bewirkt worden sind, die nicht alle Theile unsers Planeten betroffen haben. Die grossen Dickhäuter fehlen heutzutage in dem Neuen Continent, während wir sie in Asien und Afrika noch unter analogen Klimaten antreffen. „Die numerischen Gesetze der Familien, die oft so auffallende Uebereinstimmung der Verhältnisszahlen da, wo die Arten, welche diese Familien bilden, grossentheils verschieden sind, führen in das geheimnissvolle Dunkel, von dem alles bedeckt ist, was mit der Fixirung organischer Typen im Thier- und Pflanzenleben zusammenhängt, was vom Sein zum Werden leitet."[1] Die Bestimmung des Verhältnisses, in welchem die Zahl der Arten einer Familie zu der ganzen Masse einer grossen Abtheilung in bestimmten Ländern steht, oder die Untersuchung über die numerischen Gesetze der Vertheilung der Formen werden einst, wie Humboldt meint, auch mit einigem Erfolg auf die verschiedenen Klassen der Wirbelthiere angewendet werden können. Aber abgesehen davon, dass durch die Unsicherheit in Feststellung dessen, was man in nicht gar wenig Gruppen als Arten anerkennen soll, die Zahl derselben keine

[1] Ideen zu einer Geographie der Pflanzen, S. 6.

[2] Ansichten der Natur, II, 134.

sichere Grösse darbietet, geht diese ganze Berechnung von der Voraussetzung aus, dass man die Zahl der überhaupt existirenden Formen, im Ganzen oder wenigstens in einzelnen grossen Abtheilungen, kenne. Hier hilft sich nun zwar Humboldt durch seine Grenzzahlen oder die Bestimmung der Minimalzahl der bekannten Formen. Indess bleibt die ganze Rechnung, jene Werthe selbst einmal als zulässig angenommen, immer nur eine in das Gewand einer statistischen Formel gehüllte Umschreibung der Thatsachen, ohne zur Erklärung der wichtigsten Punkte der geographischen Vertheilung lebender Wesen auch nur das Geringste beizutragen. Warum die einander ersetzenden Arten einer Gattung in nahe aneinanderliegenden Ländern mehr übereinstimmen, als die Arten derselben Gattung oder derselben Familie in weiter geschiedenen Gegenden, warum correspondirende Gattungen weit auseinanderliegender Länder zu derselben Familie gehören[1], warum die alpinen Formen Amerikas einen amerikanischen Charakter besitzen — diese und ähnliche Fragen blieben unbeantwortet und mussten so lange unbeantwortet bleiben, als man die geographische Verbreitung lebender Wesen als eine starre, nur durch Erdumwälzungen zu ändernde ansah. Dies thut aber Humboldt. Er meint, es sei wohl erklärlich, wie auf einem gegebenen Erdraume die **Individuen** einer Pflanzen- oder Thierklasse einander der Zahl nach beschränken, wie nach Kampf und langem Schwanken durch die Bedürfnisse der Nahrung und Lebensart sich ein Zustand des Gleichgewichts einstellte, „aber die Ursachen, welche nicht die Zahl der Individuen einer Form, sondern die **Form** selbst räumlich abgegrenzt und in ihrer typischen Verschiedenheit begründet haben, liegen unter dem undurchdringlichen Schleier", welcher den Anfang alles Lebens deckt.[2] Ausser durch die Morphologie (mit Einschluss der Entwickelungsgeschichte) wird die

---

[1] Relation histor., I, 601: „La nature se plait à répéter les mêmes genres."

[2] Ansichten der Natur, II, 138, die ganze Stelle.

Frage nach dem Ursprunge der einzelnen Formen durch nichts so direct und dringend angeregt wie durch die Erscheinungen der Zoogeographie. Humboldt nimmt die Formen als feststehende unveränderliche Typen. Die Art und Weise, wie er den Kampf ums Dasein als Erklärungsgrund benutzt, weist darauf hin, dass er auch hier nicht jenen durch das Dogma unveränderlicher Arten gegebenen Bann zu brechen versucht. Die ungefiederten Blätter der neuholländischen Mimosen führt er, allerdings mit einem Fragezeichen, als Folgen einer angeerbten Monstrosität an. Die Wichtigkeit der Vererbung eines auf irgendwelche Weise neu erlangten Charakters wird aber von ihm ebenso wie die Tragweite der Verbindung dieses Princips mit dem von ihm herzugezogenen Kampfe ums Dasein noch nicht geahnt. Selbst die untergegangenen Thier- und Pflanzenformen treten bei Humboldt mehr durch ihre Verschiedenheit von jetzt lebenden Formen als durch ihre Verwandtschaft mit solchen als wichtig hervor. Das Vorkommen von Tapir, Elefant, Didelphys (!), Pisang in Schichten nördlicher Klimate bezeichnet er früher[1] als dadurch verursacht, dass entweder zur Zeit allgemeiner Wasserbedeckungen jene Reste durch die Gewalt der Meeresströme vom Aequator her eingeschwemmt wurden, oder dass einst die nördlichen Klimate selbst Pisanggebüsche und Elefanten, Krokodile und baumartiges Bambosschilf erzeugten. Später[2] bezeichnet er die Veränderungen der Temperatur, des Verhältnisses zwischen Land und Meer, der Höhe und des Druckes des Luftmeeres als Ursachen des Wechsels der Grösse und Gestalt der Organismen. Unter Berufung auf die Ibismumien hält er aber die Unveränderlichkeit der einmal entstandenen Formen fest. „Die urtiefe Kraft der Organisation fesselt, trotz einer gewissen Freiwilligkeit im abnormen Entfalten einzelner Theile, alle thierische und pflanzliche Gestaltung an feste, ewig wiederkehrende Typen.“[3]

---

[1] Ideen zu einer Geographie der Pflanzen, S. 14.
[2] Ansichten der Natur, II, 25. — [3] Ebend., II, 16.

In Uebereinstimmung mit Humboldt's ganzer Richtung ist es, dass er sich in seinen spätern Arbeiten noch immer mit gleichem Interesse den allgemeinen Fragen der geographischen Verbreitung und des Antheils der Thierwelt an dem landschaftlichen und Culturcharakter eines Landes widmet, dass aber Mittheilungen seiner Specialbeobachtungen, wenn sie auch schon früher nicht sehr zahlreich sind, fast ganz unterbleiben. Von dem geographischen Verhalten der Thiere abgesehen, war es allein die Massenentwickelung des ganzen thierischen Lebens sowie die sich an die oben erwähnten Verhältnisszahlen knüpfenden Notizen über die Zahl der beschriebenen Arten, welche er auch später noch einer Betrachtung unterwirft. Die sämmtlichen Polygastren Ehrenberg's waren ihm noch thierischer Natur. In des Letztern Angaben fand er daher eine Bestätigung der Ansicht, dass „in der ewigen Nacht oceanischer Tiefe das Thierleben herrscht“. Dagegen „der Masse nach überwiegt im allgemeinen der vegetabilische Organismus bei weitem den thierischen auf der Erde“. Das Hauptbestimmende des Totaleindrucks der verschiedenen Erdräume ist daher auch die Pflanzendecke. Dem thierischen Organismus fehlt es an Masse, und die Beweglichkeit der Individuen entzieht sie oft unsern Blicken.[1] In Bezug auf die Zahl der beschriebenen Arten führt er die auf Schätzungen im Jahre 1820 gegründete Zahl der im pariser Museum aufbewahrten Arten an.[2] Nur die Insekten hebt er noch besonders nach neuern Angaben heraus. Die Notiz, dass allein die Insekten Europas ein mehr als dreifaches Uebergewicht über die in ganz Europa lebenden Phanerogamen zeigen, darf, Humboldt's Ansicht nach, um so weniger wundernehmen, als grosse Abtheilungen dieser Thiere sich blos von thierischen Stoffen, andere von agamischen Pflanzen (Pilzen, selbst unterirdischen) nähren.[3] Es machen allerdings auch nach O. Heer's

[1] Kosmos, I, 370—371.
[2] Recueil d'observ. de Zool., II, 145.
[3] Ansichten der Natur, II, 137, 142.

Ansicht die Insekten vier Fünftel der sämmtlichen Thierarten aus. In Bezug auf die bedeutend grössere Zahl von Insekten verglichen mit der der Pflanzen, welches Verhältniss Humboldt als sicher annimmt, erwähnt er ausdrücklich, dass sehr viele neue Pflanzen gesammelt worden sind, nachdem man von denselben die auf ihnen lebenden Insekten abgeschüttelt habe. Eine directe Verwerthung aller dieser Zahlenangaben versucht er aber nur in dem bereits angedeuteten Sinne, namentlich geht er nirgends auf ein Verhältniss der verschiedenen thierischen Typen zueinander anders als mit Anführung der Verhältnisszahlen ein.

Es wurde oben auf die Bedeutung hingewiesen, welche mehrere der Humboldt'schen Schilderungen als zoologische Landschaftsbilder besitzen. Es muss hier noch einmal an dieselben erinnert werden, da in ihnen nicht blos eine Fülle von Gesammteindrücken niedergelegt ist, welche dieses Thierleben auf Humboldt äusserte, sondern auch Beobachtungen über einzelne Gruppen und Arten. Sie rühren sämmtlich von seiner amerikanischen Reise her. Denn wenn auch im „Kosmos" und in den wissenschaftlichen Erläuterungen zu den „Ansichten der Natur" charakteristische Einzelnheiten aus allen Gegenden der Erde angeführt sind, so werden diese doch nur compilirt, aber allerdings mit der Humboldt eigenen Kunst der Darstellung zu einem lebendigen Gesammtbilde vereinigt. Es gilt also vom nördlichen Südamerika, wenn Humboldt sagt, dass die angefeuchtete und von der Sonne erhitzte Erde den Moschusgeruch verbreite, welcher Thieren verschiedener Klassen unter den Tropen eigen ist, so dem Jaguar, der kleinen Tigerkatze, dem Capybara, dem Galinago (Vultur aura), dem Krokodil, den Vipern und der Brillenschlange.[1] Ebendaselbst hat er auch die Beobachtung eines dem Winterschlaf gewisser Thiere in kalten Klimaten zu vergleichenden lethargischen Zustandes während der Sommerdürre gemacht, in welchen mehrere Repti-

[1] Relat. histor., I, 301.

lien, besonders die Krokodile, Riesenschlangen, zum Theil auch Schildkröten verfallen. [1]

Unter den südamerikanischen Säugethieren hat Humboldt die Affen am eingehendsten zu bestimmen gesucht und ausser einer Anzahl neuer Arten und besserer Schilderung einiger länger bekannten eine gute systematische Tabelle derselben gegeben. In dieser erscheinen dieselben Abtheilungen, welche noch heute diese Arten umfassen. Und wenn auch die Cebus-artigen, mit ganz behaartem Greifschwanz nur als Unterabtheilung der Sapajous erscheineu, so ist doch die Eintheilung in Sapajous mit sechs Backzähnen und Greifschwanz (Gymnuren und Cebiden), in Sagoins mit sechs Backzähnen ohne Greifschwanz, und in Hapales mit nur fünf Backzähnen völlig naturgemäss. Unter mancherlei Beobachtungen über die Lebensweise einzelner Affen ist besonders die von allgemeinerem Interesse, welche, sich wiederum an einen Eindruck anlehnend, der von einer belebten Scene dargeboten zu einer physikalischen Erklärung aufforderte, sich auf die Lebensweise der Araguaten (des Mycetes ursinus), besonders aber auf die Entfernung bezieht, in welcher man noch das durchdringende Geschrei dieser Thiere zu hören im Stande ist. [2] — Weniger glücklich war Humboldt anfangs in der Unterscheidung der grossen südamerikanischen Katzenarten. So trefflich individualisirend er hier einzelne Formen schildert, so verwechselt er doch die einzelnen Arten und Varietäten untereinander. So hält er in seiner Reisebeschreibung die schwarze Varietät der Felis onca, den Tigre noir, für eine besondere Art, für F. discolor Gm., welche von F. concolor verschieden sei. Diese letztere Art wiederum bezeichnet er zum Unterschied vom Puma als grossen, diesen als kleinen Löwen, während beide identisch sind. [3] Die erste Verwechselung erscheint um so merkwürdiger, als Humboldt in der Schilderung des nächtlichen

[1] Relat. histor., II, 192. 253, 626. — Ansichten der Natur, I, 30. 225.
[2] Relat. histor., II, 132.
[3] Ebend., II, 584.

Lebens im Urwalde[1] ganz richtig eine schwarze Varietät des Jaguars erwähnt. Einzelner Züge aus dem Leben dieser Raubthiere wird oft Erwähnung gethan.[2] Wie Humboldt häufig nur allgemein angibt, ein besonderes Thier lebe an einer gewissen Oertlichkeit, so erwähnt er auch, dass in der Nähe der Insel Cucuruparu bei der Mission San Miguel de la Tortuga zahlreiche feinhaarige Ottern vorkommen sollen. Hier bleibt es aber völlig unentschieden, ob dies Lutra brasiliensis, oder L. macrodus, oder L. felina, oder eine Pteronura, oder irgendeine andere vielleicht neue Art gewesen ist. Sehr häufig gedenkt er des unglücklichen, auf dem Lande vom Jaguar, im Wasser vom Krokodil verfolgten Wasserschweins (Hydrocboerus capybara), welches sogar die Mönche in den Missionen nicht schonten, sondern, es wie den Lamantin zu den Amphibien rechnend, ebenso ruhig selbst in der Fastenzeit verspeisten wie das wegen seines Knochengürtels zu den Schildkröten versetzte Gürtelthier. Für die Amphibiennatur des Capybara, freilich nicht in dem soeben angedeuteten Sinne, spricht die Beobachtung Humboldt's, wonach das Thier acht bis zehn Minuten unter Wasser bleiben könne, um Fische zu fangen.[3] — Von den Peccaris oder Nabelschweinen ist nach Humboldt nur die eine Art (Dicotyles torquatus) als Hausthier gezähmt und in grossen Heerden verbreitet. Ausser ihr, dem Chacharo der Maypuren, und dem Dicotyles labiatus, in der Maypurensprache Apida genannt, soll nach Humboldt's Angabe im Orenocogebiet noch eine dritte, freilich durchaus nicht weiter charakterisirte, an Ort und Stelle Puinke genannte Art vorkommen. Humboldt's Bemerkungen über die lamaartigen Wiederkäuer beziehen sich besonders auf die geographische Verbreitung derselben und wurden daher bereits mitgetheilt. Als charakteristisch für die mehr nach dem allgemeinen Eindruck als nach wichtigen zoologischen Merkmalen sich bildenden Urtheile Humboldt's sei hier nur der Bemerkung

[1] Ansichten der Natur, I, 325.
[2] Vgl. z. B. Relat. histor., II, 329. — [3] Ebend., II, 217.

gedacht, dass diese bekanntlich meist Kamelschafe genannten Thiere mit demselben Rechte auch Antilopenschafe genannt werden könnten, da sie zugleich den Kamelen, den Schafen und den Gazellen gleichen.[1] — Eine ausführliche Beschreibung des Manati und eine Charakterisirung der von ihm für verschieden gehaltenen Formen desselben vom Orenoco und von den Antillen hatte Humboldt bereits während seiner Reise entworfen und auch die Anatomie desselben nach der Zergliederung eines grossen, neun Fuss langen weiblichen Individuums geschildert. Trotzdem er in seiner Reisebeschreibung unter Mittheilung einiger auszugsweiser Notizen auf die Sammlung zoologischer und vergleichend-anatomischer Beobachtungen (mit Angabe einer allerdings imaginären Seitenzahl) verweist, erschien die Arbeit doch nicht in dieser Sammlung, sondern erst vierzig Jahre später.[2] Besonders merkwürdig ist die durch Humboldt's Untersuchung sich ergebende Bestätigung der schon von Daubenton gemachten Angabe über die eigenthümliche Lage des Zwerchfells und die Form der Lungen dieses Thieres.

Wie in Bezug auf geographische Verbreitung Humboldt's Mittheilungen über die Vögel verhältnissmässig wenig zahlreich waren, so sind es auch seine Beobachtungen einzelner Formen dieser Klasse hinsichtlich ihrer Lebensweise, ihrer zoologischen Stellung u. dergl. Am ausführlichsten hat er den Condor (Sarcoramphus papa Dum.) geschildert, welcher vor ihm nur unvollständig und nach flüchtigen Notizen einzelner Reisenden in Peru bekannt geworden war. Humboldt gibt zunächst eine eingehende Beschreibung und Abbildungen der charakteristischen Theile, ferner Massangaben von mehrern Exemplaren sowie Notizen über sein Vorkommen, und zwar über die senkrechte Erhebung sowie die Verbreitung bis zum 7° nördl. Br.[3] Häufig hatte Humboldt Gelegenheit, eine andere Geierform zu beobach-

[1] Ideen zu einer Geographie der Pflanzen, 166 Anmerkung.
[2] Relat. histor., II, 225. — Archiv für Naturgeschichte (1838), I, 26.
[3] Recueil d'observ. de Zool., I, 26.

ten, den Galinago (Cathartes aura Ill.) Sie steht in ähnlicher Beziehung zu den Einwohnern wie der ägyptische Geier, welchem in gleicher Weise die Reinigung der Strassen und Felder von Aas und andern Abfällen überlassen wird. — Eine ziemliche Berühmtheit hat der zuerst von Humboldt beschriebene Fettvogel der Höhlen von Caripe, der Guacharo (Steatornis caripensis Hb.), erhalten. Humboldt weist hier mit richtigem Takt auf die Beziehungen desselben zu den Seglern und Ziegenmelkern (Cypselus und Caprimulgus) hin, ohne jedoch die Form mit einer jener beiden in eine Gruppe bringen zu wollen.[1] Oft erwähnt Humboldt bei der Schilderung seiner Reise einzelner Vögel, welche entweder als belebendes Beiwerk die tropische Scenerie schmückten oder als Nahrungsmittel in eine noch innigere Beziehung zu den Reisenden traten, so Enten, Reiher, Arten von Pipra u. a. m. Doch werden hier höchstens allgemeine Züge mitgetheilt. Eine interessante Bestätigung der öfter gemachten Wahrnehmung, dass die Furcht vor den Menschen den Thieren erst durch vererbte Erfahrung eigen wird, führt Humboldt von der Crotophaga an, welche sich in den Steppen von Calabozo zuweilen von Kindern mit den Händen fangen lässt.[2] Der Aturenpapagai ist besonders durch das unter Anregung der Humboldt'schen Erzählung entstandene Gedicht von Ernst Curtius so bekannt geworden, dass hier nur daran erinnert zu werden braucht. Eine neue Art Fasan (Ortalida) schildert Humboldt in den „Untersuchungen über den Bau des Kehlkopfs“.

Die krokodilartigen Reptilien, welche die Fahrt auf den tropischen Flüssen und den Aufenhalt an deren Ufern zuweilen so ungemüthlich machen, sind von Humboldt wiederholt eingehend beobachtet worden. Es geht aus seinen Mittheilungen zuerst hervor, dass nicht blos Alligatoren, sondern wirkliche

[1] Bulletin Soc. Philomat. (1817), 51. — Recueil d'observ. de Zool., II, 139. — Relat. histor., I, 416.

[2] Relat. histor., II, 193.

Krokodile auch auf dem Neuen Continent vorkommen. Humboldt hat ein Exemplar des Crocodilus acutus gemessen, welches 22 Fuss 3 Zoll lang war. Die aus der Betrachtung des Skelets gewöhnlich gezogene Folgerung, dass die Krokodile seitlicher Bewegungen weniger leicht fähig sind, fand Humboldt durch directe Beobachtung widerlegt. Er führt an, dass die Bewegungen zwar im ganzen geradlinig sind; doch kann der Hals ganz wohl auch seitlich gebogen werden[1]; ja er sah sogar, dass das Thier mit der Schnauze den Schwanz erreicht.[2] Humboldt theilt auch noch eine weitere interessante Beobachtung über die Krokodile mit. Sie verschlucken nämlich normal Steine von drei bis vier Zoll Grösse, um dadurch, wie Humboldt meint, die Absonderung des Magensaftes zu erhöhen.[3] Der Untersuchung über die Respiration der Krokodile[4] wird an einer andern Stelle gedacht werden. Von Schildkröten beschreibt er zwei Arten, deren Eier in ungeheuern Mengen im Stromgebiete des Orenoco gesammelt werden. Es sind dies die beiden zur Gruppe Chelys gebrachten Formen Testudo Arrau und T. Terekay. Am Ufer des Urnana werden jährlich 1000 Botijas Oel aus diesen Eiern gewonnen. Zu jeder Botija gehören 5000 Eier. An drei andern Sammelstellen werden jährlich 5000 Botijas (zu 25 Flaschen) gesammelt. Wird angenommen, dass jede Schildkröte 100—116 Eier legt, und dass ein Drittel der Eier beim Legen, beim Sammeln oder sonstwie zerbrochen werden, so ergibt sich nach Humboldt's Rechnung, dass 330000 Schildkröten über 33 Millionen Eier legen müssen. Doch schätzt er selbst diese Zahl für zu niedrig.[5] In Bezug auf den Fang von Seeschildkröten theilt Humboldt historisch noch eine merkwürdige Uebereinstimmung zwischen den frühern Einwohnern von Cuba und von der Küste von Ostafrika mit. Sie nehmen den unter dem Namen Schiffshalter bekannten Fisch Echeneis

[1] Relat. histor., II, 213. — [2] Ebend., III, 163. — [3] Ebend., II, 617.
[4] Recueil d'observ. de Zool., I, 253.
[5] Relat. histor., II, 242 fg.

naucrates und binden ihn an einen starken Faden. Mit seiner auf der obern Fläche des Kopfes angebrachten Saugscheibe heftet sich nun der Fisch an das Brustschild der Schildkröte und wird von den Fischern mit dieser zusammen ans Land gezogen. Dies erzählt Humboldt nach der Angabe des Columbus; Aehnliches aber theilen, wie er anführt, Dampier und Commerson von den Bewohnern von Port Natal und Mozambique mit.[1] Von Schlangen beschreibt er zwei neue Arten Klapperschlangen (Crotalus cumanensis und Loeflingi)[2]; ohne systematische Bestimmung schildert er dann noch eine grosse, über 15 Fuss lange, nicht giftige Schlange mit doppelten Schwanzschildern.[3] — Von den Amphibien erwähnt er nur eine nicht näher charakterisirte Art Baumfrosch (Hyla sp.)[4] und ein Siren ähnliches Thier, welches er aber nicht selbst gesehen zu haben scheint. Er sagt, dass in der Nähe der Insel Cucuruparu bei der Mission San-Miguel de la Tortuga zweibeinige Eidechsen vorkommen, vermuthet aber, dass dies eine Art Siren sei, von Siren lacertina verschieden, weil sonst die Eingeborenen das Thier nicht mit einer Eidechse verglichen haben würden.[5] Ein grosses Verdienst hat sich Humboldt noch dadurch erworben, dass er durch Uebersendung von Axolotl an Cuvier diesem Material zu seiner Abhandlung über die zweifelhaften Reptilien verschaffte, welche eine Zierde des Humboldt'schen „Recueil" ist.[6] — Unter den Fischen zog der Zitterroche und der Zitteraal ihrer merkwürdigen elektrischen Eigenschaften wegen seine Aufmerksamkeit am meisten auf sich. Mit der gewöhnlichen Lebendigkeit der Darstellung schildert er den Fang des letztern Fisches mit Pferden.[7] Eine Anatomie des

---

[1] Ansichten der Natur, II, 86.

[2] Recueil d'observ. de Zool., II, 2.

[3] Relat. histor., II, 363. — [4] Ebend., II, 377. — [5] Ebend., II, 626.

[6] *G. Cuvier*, Mémoire sur les Reptiles douteux. (Recueil d'observ. de Zool., I, 93—126).

[7] Relat. histor., II, 174. — Ansichten der Natur, I, 33; s. auch: „Ver-

elektrischen Organs desselben gibt er nicht, bringt aber, von gewissen physiologischen Voraussetzungen ausgehend, die Grösse der Schwimmblase eventuell mit den Wirkungen jenes Organs in Beziehung. Von neuen Formen beschrieb Humboldt die beiden Gattungen Astroblepus und Eremophilus, eine neue Art Gymnotus (aequilabiatus), die neue, bereits früher erwähnte Art Pimelodus, und dann mit Valenciennes einige andere Süsswasserfische.[1] Ueber den bekannten fliegenden Fisch, Exocoetus volitans, theilt er einige anatomische Details mit, von denen besonders hervorgehoben sein mag, dass der zu den Brustflossen gehende Nerv neunmal stärker als der Bauchflossennerv ist. Auch hier war ihm die Untersuchung der in der Schwimmblase enthaltenen Luft von besonderem Interesse, welche er bei verschiedenen Fischen wiederholt eudiometrischen Untersuchungen unterworfen hat.[2]

Die wenigen Mollusken, welche Humboldt gesammelt hat, erhielt Valenciennes zur Bearbeitung.[3] Während seiner Ueberfahrt beobachtete er Dagysa-ketten, welche er richtig als mit den Salpen verwandt bezeichnet.[4] Die etwas zahlreicheren Insekten, deren Menge freilich unendlich gegen die in neuerer Zeit aus denselben Gegenden bekannt gewordenen zurücksteht, bearbeitete Latreille.[5] Er selbst hat nur fünf neue Arten von Mosquitos (Culex) beschrieben.[6] Interessant sind seine Bemerkungen über die Benutzung gewisser Ameisenarten als Nah-

such über die elektrischen Fische" (Erfurt 1806), aus: „Abhandlungen der Akademie nützlicher Wissenschaften zu Erfurt", Bd. 4.

[1] Recueil d'observ. de Zool., I, 17, 21; II, 145.

[2] Relat. histor., I, 204. Die physiologisch wichtige Arbeit über die Respiration der Fische, welche zuerst in den „Mémoires d'Arcueil", 1809, II, 359 gedruckt ist, erschien noch einmal unter dem Titel: „De la respiration et de la vessie aërienne des poissons" (mit einem Nachtrag von Gay-Lussac) im „Recueil d'observ. de Zool.", II, 194—216.

[3] Recueil d'observ. de Zool., II, 217.

[4] Relat. histor., I, 78.

[5] Recueil d'observ. de Zool., I, 127; II, 9.

[6] Relat. histor., II, 340.

rungsmittel und ihrer Nester, d. h. wol der ihre Gänge auskleidenden Fäden, als blutstillendes Mittel.[1] Ein Pentastoma, welches er in den Lungen einer Klapperschlange fand (P. proboscideum Rud.), ist ihm, da er die Verwandtschaften der Eingeweidethiere nicht eingehender verfolgt hatte, eine neue Gattung Porocephalus. Doch hat er später die richtige Stellung der Form selbst angegeben.[2] Die Kenntniss der niedern Abtheilungen wirbelloser Thiere war zur Zeit von Humboldt's Reise noch wenig gefördert. Es beweist aber sein Streben, sich mit den Fortschritten der Wissenschaft auf dem Laufenden zu erhalten, dass ihm die spätern Untersuchungen über Korallenthiere, über Koralleninseln und Riffe nicht entgingen, wenngleich er noch immer in halbpopulärer Weise von den Thieren als lebendem gallertigen Ueberzug der Kalkgerüste spricht.[3]

Eine Erscheinung wie das Meerleuchten konnte an Humboldt nicht ohne ihn zu näherer Untersuchung zu reizen vorübergehen. Er schildert Schwärme von Medusen, welche er meistens noch indifferent mit der populären Bezeichnung Mollusken anführt (erst später nennt er sie zum Theil Acalephen), Würmer, Salpenketten und eine Menge kleiner als leuchtende Punkte aufblitzender niederer Thiere. Bei seiner ersten Schilderung dieses wunderbaren Phänomens[4] scheint er das Leuchten (welches er auch als nach dem Zerbrechen der Schalen von Pholas auftretend schildert) dem Freiwerden von Phosphorwasserstoff zuzuschreiben, welcher beim Zutritt des in den bewegten Wellen enthaltenen Sauerstoffs leuchte, später schreibt er es einer eigenen Mischung organischer Theile zu unter Anerkennung der Thatsache, dass dasselbe unter dem Einflusse eines Nervenreizes stehe.[5]

---

[1] Relat. histor., II, 472, 624.
[2] Recueil d'observ., I, 298. — Ansichten der Natur, II, 75.
[3] Ansichten der Natur, II, 77.
[4] Relat. histor., I, 78.
[5] Ansichten der Natur, II, 66.

Schon aus den vorstehend angeführten Mittheilungen Humboldt's über einzelne Thierformen geht hervor, dass er sich dann und wann auch mit deren Zergliederung beschäftigt habe. Aber nur in ganz einzelnen Fällen hat ihn das Interesse an der thierischen Form selbst dabei geleitet, so wenn es sich um merkwürdige Formen, wie den Manati, handelte und Aehnliches. Die Untersuchung über den Bau des Kehlkopfs bei einigen Säugethieren, Vögeln und dem Krokodil ist eigentlich die einzige vergleichend-anatomische Arbeit Humboldt's.[1] Am meisten Aufmerksamkeit widmete er dem Kehlkopf der Vögel; er beschrieb sorgfältig die Zusammensetzung desselben aus mehreren einzelnen Knorpelstücken. Vor einer zu schnellen Deutung dieser warnt er zwar; doch vergleicht er nicht blos die vordern der beiden auf dem von ihm Sockel genannten Theil liegenden Knorpelstücke dem Schildknorpel, die hintern den Giesbeckenknorpeln, sondern spricht auch (z. B. S. 15) von den Cartilages aryténoides in der ruhigen Ueberzeugung von der Richtigkeit seiner Deutung. Bei diesen Untersuchungen beschreibt er auch den merkwürdigen Verlauf der Luftröhre unter den Hautdecken bis zwischen die Schenkel hinab, wie er bei dem neuen Fasan (es ist Ortalida garrula) vorkommt. Den untern Kehlkopf hat er bei einigen Scharr- und Schwimmvögeln untersucht und abgebildet, ohne auf die Verschiedenheit seiner Anlage im allgemeinen einzugehen. Bei der Bildung der Stimme ist, wie er sagt, bald die Glottis, bald die Form der Trachea, bald der untere Kehlkopf von Einfluss. Oefter gedenkt er eigenthümlicher Structurverhältnisse des Zungenbeins und der Zunge; so bei den Aras, deren Zungenbein die Zunge unbeweglich macht, so bei den Ameisenbären, „deren dehnbare Zunge sich am Brustbein inserirt.“[2] Bei den Brüllaffen untersucht er Kehlkopf und Stimmblase[3]; endlich findet er, durch die Aehnlich-

[1] Recueil d'observ. de Zool., I, 7.
[2] Ideen zu einer Geographie der Pflanzen, S. 164.
[3] Relat. histor., I, 438. — Recueil d'observ. de Zool., I, 18.

keit der Laute auf eine Betrachtung der stimmbildenden Organe geführt, dass der Kehlkopf einiger kleinen Säugethiere mit dem untern Kehlkopf der Vögel eine gewisse Aehnlichkeit besitze.

In Bezug auf die Kenntniss fossiler Formen hat Humboldt kaum irgendwelche eigene Beiträge geliefert. Denn seine Schilderung der Fussspuren aus dem Buntsandstein bei Hildburghausen[1] ist mehr geschrieben, um die Thatsache des Vorkommens selbst bekannter zu machen und die Aufmerksamkeit anderer Forscher darauf zu lenken, als um selbst ein entscheidendes Urtheil zu geben. Wohl ist aber Humboldt die Tragweite des Vorkommens ausgestorbener Thiergeschlechter in verschiedenaltrigen geologischen Schichten nicht entgangen. Mehr anregend und mit sicherm Einblick die Aufgaben und den Gang der hier einzuschlagenden Untersuchungswege vorzeichnend, stellte er Fragen auf, deren Beantwortung der neuern, zum Theil neuesten Zeit überlassen blieb. Welche Gruppen enthalten die meisten gleichzeitig fossil und lebend vorkommenden Arten? In welchem Verhältniss steht die Zahlenzunahme solcher identischer Arten und Gattungen zu der Neuheit der Formation? Steht die Reihenfolge der Schichten somit in Harmonie? Folgen sich die thierischen Formen von den ältesten zu den neuesten Schichten in derselben Weise, wie wir im Thiersystem von einfacheren zu immer zusammengesetzter gebauten Formen aufsteigen? Weist die Vertheilung fossiler organischer Formen auf eine fortschreitende Entwickelung des pflanzlichen und thierischen Lebens auf der Erde hin?[2] Man sieht hieraus, dass Humboldt wohl gesehen hatte, wie sich aus einer allseitig eingehenden Betrachtung der fossilen Formen für die ganze Auffassung des thierischen Lebens äusserst wichtige, ja grundlegende Ansichten ergeben müssen. So wenig aber der mit weitem Blick den Zusammenhang der Erscheinungen im Grossen

---

[1] Annal. des scienc. natur., 2. Sér., Zool. (1835), IV, 135.

[2] Aus seinem „Essai géognost. sur le gisement des roches", in: „Edinb. Philos. Journ." (1823), IX, 20.

und Ganzen aufsuchende Forscher sich mit den eintönigen und ihre Resultate erst langsam reifenden sogenannten beschreibenden Naturwissenschaften befriedigt fühlte, so wenig ging er auch in diesen Fragen auf ein mühsames Herauslösen der Antworten aus den einzelnen Thatsachen ein.

Je schärfer sich im Laufe wissenschaftlicher Arbeit einzelne Probleme und Aufgaben gegeneinander abgrenzen, um so mehr verliert sich das Interesse an der Frage, wie die Wissenschaft überhaupt dazu gelangte, sie aufstellen zu können, um so leichter geht aber auch der Zusammenhang mit andern Aufgaben verloren. Das behufs der Untersuchung methodisch geforderte Spalten zusammengesetzter Naturerscheinungen in ihre einzelnen Factoren führte je länger desto mehr zu einer Theilung der Arbeit. Mitten in dem Getriebe der verschieden laut an das allgemeine Ohr schlagenden Räder ist es aber gut, sich an den grossen Mechanismus zu erinnern, welchen jene in Thätigkeit zu halten bestimmt sind. Und da ist eine Anregung, wie sie auch die Zoologie von Humboldt empfangen hat, mit ihrem beständigen Hinweis auf das Sein und Werden, mit ihrem Erinnern an den Zusammenhang zwischen Thier- und Weltleben und mit dem Hinblick auf die die Einzelthatsachen beherrschenden allgemeinen Gesetze von einem um so wohlthuendern Einflusse, als die Grösse ihrer Aufgaben, der Umfang ihres Materials und die oft noch grosse Unsicherheit allgemeiner Schlüsse die Nothwendigkeit eines festen geistigen Bandes und einer Leitung durch klar vorgezeichnete grosse Ideen immer fühlbarer machen.

8.

Physiologie.

Von

Wilhelm Wundt.

Die zuerst im Jahre 1791 veröffentlichten Beobachtungen Galvani's hatten die wissenschaftliche Welt in eine Aufregung versetzt, von der wir uns heute schwer mehr eine Vorstellung bilden können. Nicht nur die Physiker und Physiologen wiederholten allerorten die Galvani'schen Froschschenkelversuche, sondern diese Experimente waren fast zu einem allgemeinen Unterhaltungsgegenstand der gebildeten Kreise geworden. Humboldt's Aufmerksamkeit hatte sich in jenen Tagen, angeregt durch Betrachtungen über den Chemismus der Pflanzenernährung[1], zu denen die Flora der freiberger Gruben Veranlassung gab, ohnehin schon physiologischen Studien zugewandt. So warf er sich denn, nachdem er zuerst in Wien, im Herbst 1792, mit der Entdeckung des bologneser Anatomen bekannt geworden, mit dem grössten Eifer auf die selbständige Erforschung eines Gegenstandes, in welchem er den Schlüssel zu einer allgemeinen vergleichenden Physiologie zu sehen glaubte. Schien es

[1] Aphorismi ex doctrina physiologiae chemicae plantarum (1793). Uebersetzt von Fischer 1794.

doch, als sollte die nach den Vorstellungen der damaligen Zeit allgemeinste Eigenschaft lebender Körper, die **Reizbarkeit**, durch den Galvani'schen Versuch zum ersten mal in ihrem eigentlichen Wesen entschleiert werden.

Obgleich Humboldt während dieser Jahre sich fast fortwährend auf Reisen in und ausserhalb Deutschlands befand, auf denen zunächst geologische und bergmännische Aufgaben seine Kraft in Anspruch nahmen, so fand er doch immer noch Zeit, in den Mussestunden seine galvanischen und sonstigen Beobachtungen über die Reizbarkeit der thierischen Theile auszuführen. Ein paar Metallstäbe, Pincetten, Glastafeln und anatomische Messer begleiteten ihn überall.[1] Er genoss so den Vortheil, mit den hervorragendsten Gelehrten der Zeit, einem Blumenbach, Sömmerring, Volta, Scarpa u. a., in persönlichem Verkehr Erfahrungen austauschen zu können. In der Heimat war sein Bruder Wilhelm ein eifriger Mitarbeiter auf diesem Gebiete.[2] Als Frucht solcher Bemühungen erschienen 1797 die „Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser, nebst Vermuthungen über den chemischen Process des Lebens in der Thier- und Pflanzenwelt". Einige der in diesem Werke verarbeiteten Erfahrungen waren schon einige Jahre zuvor in zwei an Blumenbach gerichteten Briefen veröffentlicht worden.[3]

In der Zeit, als Humboldt seine Versuche ausführte, schwankte noch immer der Streit zwischen den Anhängern Galvani's und Volta's.[4] Während jener seine Entdeckung im Sinne einer den Muskeln und Nerven eigenen Elektricität deutete, sah Volta in dem Contact ungleichartiger Metalle die Ursache einer Elektricitätsentwickelung, auf welche der Froschschenkel als ein blosses Elektroscop reagire. Wahrscheinlich wäre der

---

[1] Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser, I, 3.

[2] Ebend., S. 94.

[3] In *Gren's* Neuem Journal der Physik (1795), II, 115 und 421.

[4] Man vergleiche über die Geschichte dieses Streits *Du Bois-Reymond*, Untersuchungen über thierische Elektricität, I, 31 fg.

Sieg für die letztere Auffassung schon damals errungen gewesen, hätte nicht Galvani in dem entscheidenden Augenblick die Contacttheorie durch neue Abänderungen seiner Versuche erschüttert. Diese bestanden darin, dass theils mit einem einzigen gleichartigen an Nerv und Muskel angelegten Metallbogen, theils selbst ohne alle Metalle, bei blosser Berührung der Nerven und Muskeln unter sich Zuckungen erzeugt wurden.

Alsbald erkannte Humboldt, dass hierin der entscheidende Punkt liege. Nicht mit Unrecht wandte er gegen die Art, wie Volta diese Versuche einer Experimentalkritik unterzogen hatte, ein, man müsse dieselben unter den möglichst einfachen Verhältnissen ausführen, nicht aber durch Hinzufügung weiterer Bedingungen verwickelter machen. In der That war der grosse turinische Physiker, in seiner Voreingenommenheit gegen die thierische Elektricität, diesmal dem von Humboldt hervorgehobenen Princip aller Experimentalforschung einigermassen untreu geworden. Er hatte gezeigt, dass die Zuckungen bei gleichartigem Metallbogen stärker werden oder, nachdem sie verschwunden sind, wieder zum Vorschein kommen, wenn man die beiden Enden des Metalls mit ungleichartigen Flüssigkeiten benetzt, und dass ebenso die Zuckungen ohne Metalle sich verstärken, wenn man die vom Nerven berührten Muskeltheile mit Seife, Kleister u. dgl. bestreicht. Gegenüber diesem Versuche, den ihm Volta selbst auf seinem Landhause zu Como gezeigt hatte[1], meinte Humboldt, es sei ebenso ungerecht, dem Physiologen nur die verwickeltern Fälle der galvanischen Erscheinungen vorzulegen, als wenn man von dem Chemiker, weil er zwei oder drei Stoffe in seinem Laboratorium ergründet habe, fordern wollte, dass er alle Gärungsprocesse der Luftregionen erklären müsse.

In diesem Sinne hat Humboldt jene Versuche ausgeführt, welche uns heute noch, in wenig veränderter Form, als ent-

[1] Gereizte Muskel- und Nervenfaser, I, 32.

scheidende Beweismittel einer elektrischen Ungleichartigkeit der thierischen Theile gelten. Er bog die Lende eines Thieres gegen den Hüftnerven zurück, mit dem sie noch organisch verbunden war, oder er berührte den Nerven und seinen Muskel gleichzeitig mittels eines abgeschnittenen Nervenstücks, oder endlich er bildete mittels mehrerer Muskelstücke eine Leitung von einem Theil des Nerven zum andern; jedesmal sah er Zuckung auftreten.[1]

Wir wissen heute, dass das Präparat in diesen Fällen nur dann mit Zuckung reagirt, wenn der eine Punkt des Nerven mit einem Muskelquerschnitt oder mit der Sehne, welche als natürlicher Querschnitt betrachtet wird, in Berührung kommt. Bei der Art, wie Humboldt seine Versuche ausführte, musste aber eine derartige Berührung in der Regel erfolgen, und es ist daher begreiflich, dass er auf jene Fundamentalthatsache der neuern Elektrophysiologie nicht aufmerksam geworden ist. Wir wissen jetzt ferner, dass der Muskel im vollkommen frischen Zustande keine Ungleichartigkeit zwischen Oberfläche und natürlichem Querschnitt erkennen lässt, sondern dass diese erst nach einiger Zeit und nur dann sogleich eintritt, wenn man durch Salzlösung oder andere ätzende Flüssigkeiten das an die Sehne stossende Querschnittsende zerstört hat. So haben auch die Angaben Volta's schliesslich eine Erklärung gefunden, die sie mit der Auffassung Humboldt's in Einklang bringt.

Zu Versuchen mit gleichartigen Metallbogen bediente sich Humboldt des Quecksilbers in möglichst gereinigtem Zustande. Der Froschschenkel mit theilweise herauspräparirtem Nerven wurde über einer kleinen Quecksilberwanne horizontal am Fusse befestigt; am Unterschenkel war ein Muskelstück theilweise aus seinen Verbindungen gelöst, sodass es gleich dem Nerven herabhing.[2] Wurde nun der Nerv allein auf den Quecksilberspiegel gestreckt, so erfolgte keine Spur einer Zuckung,

[1] Ebend., S. 38. — [2] Ebend., S. 60 (Taf. II, Fig. 16).

diese trat aber ein, sobald auch das Muskelstück die Oberfläche des Metalls berührte.

Humboldt verkennt nicht, dass die Zuckung beim Contact ungleichartiger Metalle der Zuckung ohne Metalle oder mit gleichartigem Bogen weit überlegen sei, da die erstere auch in solchen Fällen noch eintrete, wo die letztern vermisst werden.[1] Indem er so zwischen den extremen Galvanisten und Voltaisten vorsichtig die Mitte hält, steht er der richtigen Lösung des Streits vielleicht näher als irgendeiner der Zeitgenossen. Dennoch hat auch Humboldt diese Lösung nicht gefunden, sondern der Eindruck seiner Quecksilberversuche und der Zuckung ohne Metalle trieb ihn in das Lager der Galvanisten. Der Hypothese Galvani's und seiner Schule, welche Muskel und Nerv mit einer Kleist'schen Flasche verglichen, indem sie der Aussenfläche des Muskels und der Nervenscheide negative, der innern Substanz positive Elektricität zuschrieben, konnte er freilich nicht beistimmen.[2] Daran hinderte ihn die Beobachtung, dass auch bei der Armirung der Oberfläche des Nerven allein schon Zuckungen auftreten.[3] Er leitet daher die galvanischen Erscheinungen von einem in den thierischen Theilen angehäuften Fluidum ab, von dem es ihm jedoch zweifelhaft ist, ob es einerlei mit der Elektricität sei. Dieses Fluidum, welches vom Nerven ausgehe, wirke reizend, wenn es wieder in ihn zurückkehre. Die Metalle sollen den Reiz verstärken, ohne aber ihn wesentlich zu begründen. Dies geschieht, wie Humboldt vermuthet, dadurch, dass sie, namentlich wo ungleichartige Metalle sich berühren, dem Ueberströmen des Fluidums ein Hinderniss entgegensetzen, welches durch die Anhäufung, die es hervorbringt, die Wirkung erhöht.[4]

Wir dürfen uns über den Ausweg, den Humboldt hier wählt, nicht wundern. Das Problem, das zu lösen war, glich, wie Du Bois-Reymond sehr richtig bemerkt, einer Gleichung

[1] Gereizte Muskel- und Nervenfaser, S. 52. — [2] Ebend., S. 355.
[3] Ebend., S. 357. — [4] Ebend., S. 391.

mit zwei Unbekannten. Die eine war der bald darauf infolge der Entdeckung der Volta'schen Säule zur Herrschaft gelangte physikalische Galvanismus, die andere war wirklich die Elektricität der thierischen Theile. Humboldt aber war durch seine Versuche auf einen Standpunkt geführt worden, auf welchem sich zunächst nur die zweite dieser Unbekannten aus einzelnen Erscheinungen mit Bestimmtheit erkennen liess, während, solange der Froschschenkel das einzige Rheoskop blieb und man die Wirkungen der zusammengesetzten Kette nicht kannte, die Meinung, dass alle Zuckungen des Präparats aus derselben Quelle stammten, nicht ungerechtfertigt war. Ueberall suchen wir ja die Erscheinungen auf möglichst wenige Ursachen zurückzuführen. Begreiflich daher, dass auch Humboldt sich sträubte, in dem Contact der Metalle eine neue Reizursache anzuerkennen. Hat man aber einmal diesen Standpunkt als einen relativ berechtigten zugestanden, so lässt sich nicht leugnen, dass Humboldt's Hypothese immerhin besser als die Flaschentheorie Galvani's und seiner Anhänger geeignet war, der Mannichfaltigkeit der Erscheinungen gerecht zu werden.

Die zahlreichen galvanischen Experimente, die Humboldt weiterhin in seinem Werke mittheilt, sind mannichfaltige Variationen des galvanischen Versuchs mit dem ungleichartigen Metallbogen. So die Versuche über Grösse und Form der Berührungsflächen[1], über die Leitungsfähigkeit der Körper[2], über die verstärkende Wirkung einer dünnen Wasserschicht zwischen den Metallplatten (seine sogenannten Hauchversuche)[3], endlich jene Beobachtungen, in denen er mehrere Metallplatten und feuchte Muskelstücke in regelmässigem Wechsel zur Kette verband[4], Beobachtungen, in denen Humboldt, wie er selbst später bemerkt[5], unbewusst bereits Volta'sche Säulen construirt hatte. Wir übergehen diese und weitere Versuche, da sie in

[1] Gereizte Muskel- und Nervenfaser, I, 102. — [2] Ebend., I, 111.
[3] Ebend., I, 77. — [4] Ebend., I, Taf. V, Fig. 41—44, S. 74.
[5] Reise in die Aequinoctialgegenden, III, 295 (deutsche Ausgabe, Stuttgart und Tübingen, 1820).

die Geschichte des physikalischen, nicht des physiologischen Galvanismus gehören.

Wenn Humboldt in der Vermengung dieser beiden Gebiete durchaus den allgemeinen Irrthum der Zeit theilte, so begründete er dagegen einen wesentlichen Fortschritt über die seitherigen physiologischen Reizversuche, indem er auf die grossen Verschiedenheiten der Erregbarkeit reizbarer Theile und auf die mannichfachen Einflüsse, welche dieselbe bestimmen, die Aufmerksamkeit lenkte.[1] Hieraus entsprangen zwei grosse Versuchsreihen, welche ein würdiges Seitenstück zu Haller's berühmten Untersuchungen über die Irritabilität bilden.[2]

Die erste beschäftigt sich mit den Verschiedenheiten der Erregbarkeit nach Gattung und Species. Mit der Untersuchung der reizbaren Pflanzen beginnend, entwirft hier Humboldt ein für die damaligen Kenntnisse umfassendes Bild der Reizungserscheinungen in der ganzen belebten Natur. Würmer, Mollusken, Insekten, Fische, zahlreiche Amphibien, Vögel und Säuge thiere unterwirft er der Vivisection, dem galvanischen und mechanischen Reizversuch.[3] Ueberzeugt von der innern Uebereinstimmung aller Organisation, vermuthet er, dass die Reizbewegungen der Mimose und anderer Pflanzen, wenngleich der galvanische Reiz bei ihnen unwirksam bleibt, auf den nämlichen Ursachen beruhen wie die Zusammenziehungen der thierischen Muskelfaser.[4] Er bringt Muskelbündel unter das Mikroskop und beobachtet ihre Verkürzung bei der Reizung durch den Schlag der Kleist'schen Flasche oder durch den ungleichartigen Metallbogen.[5] Bei den Amphibien fesseln die Verschiedenheiten der Erregbarkeit je nach der Jahreszeit seine Aufmerksamkeit.

[1] Gereizte Muskel- und Nervenfaser, I, 22.

[2] *Haller*, Mémoires sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal (Lausanne 1756—60), tom. I— IV.

[3] Gereizte Muskel- und Nervenfaser, I, 249.

[4] Ebend., S. 251. — Aphorismen, S 56 fg.

[5] Gereizte Muskel- und Nervenfaser, I, 262.

Er weiss bereits, dass während des Winterschlafs die Reizempfänglichkeit am grössten ist.[1] Als eine Hauptursache dieser erhöhten Erregbarkeit betrachtet er die Schwächung der Nervenkräfte, eine Vermuthung, welche die neuere Nervenphysiologie auf das merkwürdigste bestätigt hat.[2] Warm- und Kaltblüter vergleichend, stellt er das allgemeine Gesetz auf, dass die Grösse der Erregbarkeit in ebendem Masse zunimmt, als ihre Dauer nach der Trennung der reizbaren Theile vom lebenden Körper, abnimmt.[3] Schliesslich zu Versuchen am Menschen übergehend, wiederholt er die Experimente von Volta, Pfaff u. a. über galvanische Licht- und Geschmacksempfindung, und er unterzieht sich neu ersonnenen schmerzhaften Reizversuchen an grossen Rückenwunden, die er sich selbst durch Kantharidenpflaster beigebracht.[4] Er beobachtet, dass unter der Einwirkung des ungleichartigen Metallbogens die Wunde sich röthet, und dass sie, an Stelle der zuvor wasserklaren Flüssigkeit, ein trübes Secret absondert. Es sind dies wahrscheinlich die ersten Beobachtungen über den Einfluss galvanischer Reize auf die Blutgefässe und die Absonderungen, welche die Geschichte des physiologischen Galvanismus kennt.

In einer zweiten Versuchsreihe beschäftigt sich Humboldt mit den Veränderungen der Erregbarkeit durch physikalische Einwirkungen und chemische Stoffe oder, wie er es nennt, mit der „Stimmung der Erregbarkeit".[5] Vor allen andern sind diese Versuche am meisten ihm eigenthümlich. Die Thatsache, dass die Erregbarkeit der Nerven und Muskeln je nach ihrem physiologischen Zustande verschiedene Grade darbiete, war wol früher schon nicht ganz unbeachtet geblieben. Dagegen hatte man kaum die absichtliche Veränderung der Erregbarkeit durch äussere Einwirkungen zum Gegenstand einer planmässigen Unter-

[1] Gereizte Muskel- und Nervenfaser, I, 291; II, 123.
[2] Vergl. *W. Wundt*, Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren, 1. Abth., S. 207.
[3] Gereizte Muskel- und Nervenfaser, I, 299.
[4] Ebend., I, 324. — [5] Ebend., II, 171.

suchung gemacht. Nur *Fontana* in seinem epochemachenden Werk „Ueber das Viperngift“ hatte auch hier nach manchen Seiten vorgearbeitet.

Es war hauptsächlich das Herz, welches als Object zu Humboldt's Beobachtungen diente, indem Zu- und Abnahme der Erregbarkeit nach der Häufigkeit der Herzbewegungen bemessen wurden. So constatirte er die schon durch Fontana gefundene Thatsache, dass schwache elektrische Schläge die Herzbewegungen beschleunigen, starke sie hemmen.[1] Er lehrte die erregende Wirkung der erhöhten Temperatur kennen.[2]. Der wiederbelebende Einfluss des Blutes blieb ihm nicht verborgen.[3] Die umfassendste Untersuchung aber widmete er der Einwirkung der Gase auf die Erregbarkeit. Auf diesen Gegenstand hatten bergmännische Erfahrungen über die Wirkung der bösen Wetter sein besonderes Interesse gelenkt, und die Untersuchung ging hier Hand in Hand mit den gleichzeitig begonnenen Beobachtungen über die Schwankungen der Luftzusammensetzung.[4] Er entdeckte den erregenden Einfluss des Sauerstoffgases, den deprimirenden des Wasserstoffs, Stickstoffs, der Kohlensäure und anderer schädlicher Gase auf die Pulsation des Herzens. Nebenbei fesselte der Einfluss der Athmungsluft auf die Respirationsbewegungen seine Aufmerksamkeit.[5] Er weist nach, dass selbst in einem Ueberschuss von Sauerstoffgas Thiere ersticken können, wenn die Luft gleichzeitig mit Kohlensäure oder mit Kohlenwasserstoffgas geschwängert ist[6], und er findet hierin die Erklärung für die bei den eudiometrischen Beobachtungen ermittelte Thatsache, dass in mit Menschen überfüllten Räumen und in Gruben, in welchen die Athmung erschwert ist, trotzdem häufig der Sauerstoffgehalt der Luft kaum verändert gefunden wird.[7]

---

[1] Gereizte Muskel- und Nervenfaser, II, 213.
[2] Ebend., II, 216. — [3] Ebend., II, 265.
[4] Versuche über die chemische Zerlegung des Luftkreises (1799).
[5] Gereizte Muskel- und Nervenfaser, II, 280.
[6] Ebend., II, 306, 339. — [7] Ebend., II, 325.

Endlich unterwirft Humboldt eine grössere Zahl flüssiger Stoffe der Untersuchung in Bezug auf ihre erregende oder deprimirende Wirkung. So findet er, dass Alkohol und Aether, auf das Herz oder einen Nerven applicirt, zunächst erregen und dann erst die Reizbarkeit zerstören.[1] Ebenso verhalten sich die reinen und kohlensauern Alkalien, während Mineral- und Pflanzensäuren sogleich die Reizbarkeit herabsetzen.[2] Am stärksten findet er die erregende Wirkung der Mittelsalze.[3] Ausserdem untersucht er Chlorwasser, Moschus, Kampher, Opium und andere Stoffe. In den meisten Beziehungen hat die neuere Physiologie auch hier die Befunde Humboldt's bestätigt. Soweit sich dieselben auf die Veränderungen der Erregbarkeit gegen den galvanischen Reiz beziehen, kann freilich vielen seiner Versuche heute keine Beweiskraft mehr zugestanden werden, weil die Benetzung der Metallbogen mit den verändernden Flüssigkeiten die Kette selbst verändert, ein Einwand, der kurz nach der ersten Mittheilung schon erhoben wurde[4] und den sich Humboldt vergebens zu widerlegen bemühte.[5]

Kaum drei Jahre nach der Veröffentlichung der „Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser" waren verflossen, als durch die Entdeckung der Volta'schen Säule allen Theorien, welche auf einen physiologischen Ursprung der galvanischen Erscheinungen ausgingen, ein jähes Ende bereitet wurde.[6] Der glänzende Aufschwung, welchen von diesem Augenblick an der physikalische Galvanismus genommen, hat die physiologische Elektricitätslehre auf lange Zeit zurückgedrängt. Selbst diejenigen Errungenschaften, die sie schon einmal besessen, entschwanden dem Gedächtniss. So ist auch Humboldt's Arbeit in Vergessenheit gerathen. Erst nach einem halben Jahrhundert sind seine Versuche über die Zuckung ohne Metalle und mit

[1] Gereizte Muskel- und Nervenfaser, II, 340.
[2] Ebend., II, 351, 360. — [3] Ebend., II, 387.
[4] In *Gren's* Neuem Journal der Physik, IV, 178.
[5] Gereizte Muskel- und Nervenfaser, II, Anhang, S. 455.
[6] Die erste Publication Volta's datirt vom 20. März 1800.

gleichartigem Bogen wieder in ihre Rechte eingesetzt worden. Auch die zahlreichen andern Beobachtungen über den Einfluss der Gase auf das Herz und die Athmung, über die Modificationen der Erregbarkeit durch chemische Stoffe u. s. f. haben unter diesem Unstern gelitten, sodass manche der Thatsachen, die in seinem Buche schon verzeichnet stehen, in unsern Tagen von neuem entdeckt werden mussten. Die glänzende Thätigkeit, die Humboldt bald nachher auf ganz andern Gebieten entwickelte, hat vielleicht mehr die allgemeine Aufmerksamkeit von jener physiologischen Jugendarbeit, mit der sein späteres Wirken wenig Berührungspunkte mehr darbot, abgelenkt als ihr zugewandt.

Dennoch ist Humboldt selbst dem Interesse an physiologischen Fragen nicht ganz entfremdet worden. Die amerikanische Reise gab ihm auch in dieser Beziehung mannichfache Anregungen. Bei der anziehenden Schilderung, welche er von der Treibjagd der Zitteraale (Gymnoten) in den Gewässern von Calabozo entwirft[1], tritt ihm das Problem, das einst durch mehrere Jahre sein Nachdenken beschäftigt, von neuem entgegen. Woher stammt die Kraft jener natürlichen Elektromotoren, welche mit dem Nervensystem der Thiere in so unmittelbare Verbindung gesetzt sind? Er weist nach, dass die frühere Ansicht irrig ist, welche das elektrische Organ einer immer geladenen Leydener Flasche oder einer fortwährend wirksamen Volta'schen Säule verglich. Denn die Schläge der Zitterfische sind durchaus bestimmt durch den Willen der Thiere. Ueberdies bedarf das Organ der Erholung durch Ruhe und neue Ernährung, wenn nicht in kurzer Zeit seine Kraft erschöpft werden soll.[2]

Noch einmal wurde Humboldt an seine galvanischen Reiz-

---

[1] Reise in die Aequinoctialgegenden, III, 295. — Ansichten der Natur (3. Aufl.), II, 32.

[2] Reisebericht, III, 306. — Observations de Zoologie, I, 49.

versuche erinnert, als er in der Station Esmeralda am obern Orenoco jenes merkwürdige Gift, das Curare, kennen lernte, dessen sich die dortigen Indianer zur Vergiftung ihrer Pfeile bedienen. Schon seit längerer Zeit war man mit der physiologischen Wirkung der amerikanischen Pfeilgifte nicht unbekannt; doch warf man sie meistens noch unterschiedslos zusammen. Humboldt machte zuerst auf die grossen Verschiedenheiten dieser Gifte, namentlich derer vom Orenoco und vom Amazonenstrom, aufmerksam. Mit dem Curare von Esmeralda, der wirksamsten Sorte, dessen Abstammung und Bereitungsweise er näher kennen lernte[1], stellte er selbst einige Versuche an. Als er dasselbe direct mit den Schenkelnerven eines Frosches in Berührung brachte, sah er keine Veränderung der Erregbarkeit gegenüber dem Reiz durch den ungleichartigen Metallbogen. Dagegen blieb an Vögeln, welche mit vergifteten Pfeilen getödtet waren, wenige Minuten nach erfolgtem Tode die galvanische Reizung bereits wirkungslos.[2] Hier ist Humboldt schon jenem merkwürdigen Einflusse des Curare auf der Spur, welcher seither in so hohem Grade die Aufmerksamkeit der Physiologen erregt hat. Wäre er auf den Gedanken gekommen, statt des Vogels den länger erregbaren Frosch durch den vergifteten Pfeil zu tödten, so wäre die Wissenschaft vielleicht funfzig Jahre vor Claude Bernard mit der Thatsache bekannt geworden, dass das Gift die Reizbarkeit der Nerven vernichtet, während diejenige der Muskelfaser erhalten bleibt. Bekannter in Europa ist das Curare erst durch die Reise der Brüder Schomburgk geworden.[3] Aber geahnt hat Humboldt bereits die Bedeutung, welche es dereinst in der Physiologie noch erlangen sollte.[4]

Auch jene Versuche über die Respirationsgase, in welchen sich früher seine endiometrischen und physiologischen Studien

[1] Reisebericht, IV, 450. — [2] Ebend., IV, 459.
[3] Reise in Britisch-Guiana, I, 441.
[4] Reisebericht, IV, 460.

vereinigt hatten, sind in Humboldt's spätern Arbeiten nicht ohne Nachfolge geblieben. So hat er gemeinsam mit Provençal die Respiration der Fische untersucht.[1] Die kurz zuvor durch Gay-Lussac bei warmblütigen Thieren gefundene Thatsache, dass bei der Athmung mehr Sauerstoff verschwindet, als der ausgeschiedenen Kohlensäuremenge entspricht, wird hier zum ersten mal auch auf den Kaltblüter ausgedehnt. Eine kleinere Untersuchung über die Respiration der Krokodile ist noch auf der Reise entstanden.[2]

In seinen physiologischen Arbeiten, so fragmentarisch sie im Vergleich mit seiner Wirksamkeit auf andern Gebieten geblieben sind, hat Humboldt die ihm eigene Begabung nicht verleugnet, aus der Fülle der Einzelerfahrungen stets den Blick auf das Ganze und Allgemeine zu richten. So sind schon seiner „Freiberger Flora" jene Aphorismen angehängt, in welchen, neben den Betrachtungen über die Ernährung und Reizbarkeit der Pflanzen, die Frage nach dem Wesen der Lebenserscheinungen sein Denken beschäftigt. Im Sinne jener noch ganz in ontologischen Anschauungen befangenen Zeit definirt er hier die Lebenskraft als diejenige innere Kraft, welche die Elemente hindere, ihren ursprünglichen Attractionskräften zu folgen.[3] Es ist dieselbe Ansicht, welche er wenige Jahre später in der Allegorie des „Rhodischen Genius", der zuerst in Schiller's „Horen" veröffentlicht wurde, dichterisch ausgeführt hat.[4] Aber schon beim Abschluss seiner galvanischen Reizversuche erklärt er, dass er die frühere Hypothese keineswegs mehr für erwiesen halte. Er wage es nun nicht mehr, „eine eigene Kraft zu nennen, was vielleicht blos durch das Zusammenwirken der im einzelnen längst bekannten materiellen Kräfte bewirkt werde".

---

[1] Observations de Zoologie, II, 194. — [2] Ebend., I, 253.

[3] Aphorismen, S. 9.

[4] Schiller's Horen, 1795. — Ansichten der Natur (3. Aufl.), II, 297.

Vorsichtig begnügt er sich daher, denjenigen Stoff als belebt zu bezeichnen, dessen Theile, nachdem sie voneinander getrennt sind, ihren Mischungszustand verändern.[1]

Das Problem, das in dieser Begriffsbestimmung angedeutet, aber freilich nicht gelöst wird, hat noch im späten Alter Humboldt beschäftigt. Rückhaltlos entsagt er jetzt der vitalistischen Ansicht, indem er treffend die Lebenserscheinungen mit der Verwickelung meteorologischer Processe vergleicht[2] und die Vorstellung einer Lebenskraft in das Gebiet der Mythen und dichterischen Gestaltungen verweist.[3] So hat sich auch hier an Humboldt jene unzerstörbare Frische des Geistes bewährt, die ihn, selbst wo er im einzelnen der fortschreitenden Wissenschaft nicht mehr zu folgen vermochte, immer noch befähigte, die leitenden Ideen der Zeit in sich aufzunehmen.

[1] Gereizte Muskel- und Nervenfaser, II, 433.
[2] Ansichten der Natur, II, 313.
[3] Kosmos, I, 67.

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.